
Einstein entre nós: a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955

Autor(es): Exposição Einstein entre nós, Coimbra, 2005

Publicado por: Imprensa da Universidade de Coimbra

URL persistente: URI:<http://hdl.handle.net/10316.2/2739>

DOI: DOI:<http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0353-7>

Accessed : 4-May-2023 22:34:28

A navegação consulta e descarregamento dos títulos inseridos nas Bibliotecas Digitais UC Digitalis, UC Pombalina e UC Impactum, pressupõem a aceitação plena e sem reservas dos Termos e Condições de Uso destas Bibliotecas Digitais, disponíveis em <https://digitalis.uc.pt/pt-pt/termos>.

Conforme exposto nos referidos Termos e Condições de Uso, o descarregamento de títulos de acesso restrito requer uma licença válida de autorização devendo o utilizador aceder ao(s) documento(s) a partir de um endereço de IP da instituição detentora da supramencionada licença.

Ao utilizador é apenas permitido o descarregamento para uso pessoal, pelo que o emprego do(s) título(s) descarregado(s) para outro fim, designadamente comercial, carece de autorização do respetivo autor ou editor da obra.

Na medida em que todas as obras da UC Digitalis se encontram protegidas pelo Código do Direito de Autor e Direitos Conexos e demais legislação aplicável, toda a cópia, parcial ou total, deste documento, nos casos em que é legalmente admitida, deverá conter ou fazer-se acompanhar por este aviso.

CARLOS FIOLHAIS
Coordenação

Einstein entre nós

*A recepção de Einstein em Portugal
de 1905 a 1955*



Coimbra • Imprensa da Universidade • 2005

(Página deixada propositadamente em branco)

CARLOS FIOLHAIS
Coordenação

Einstein entre nós

*A recepção de Einstein em Portugal
de 1905 a 1955*



Coimbra • Imprensa da Universidade • 2005

Coordenação editorial
Imprensa da Universidade de Coimbra

Concepção gráfica
António Barros

Digitalização de imagens
Alexandre Ramires
Museu de Ciência da Universidade de Lisboa

Paginação
SerSilito

Execução gráfica
SerSilito - Maia

ISBN
972-8704-60-7

ISBN Digital
978-989-26-0353-7

DOI
<http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0353-7>

Depósito legal
233349/05

Outubro de 2005

© 2005, Imprensa da Universidade de Coimbra

Apoios:
Departamento de Física da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra
Sociedade Portuguesa de Física
Associação para o Desenvolvimento do Departamento de Física (ADDF)
Programa Operacional Ciência e Inovação 2010
Museu de Ciência da Universidade de Lisboa

SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
Carlos Fiolhais	
ALBERT EINSTEIN: O TRIUNFO DO INTELECTO	11
Orfeu Bertolami	
A TEORIA DA RELATIVIDADE EM PORTUGAL (1910-1940)	15
Augusto José dos Santos Fitas	
EINSTEIN EM PORTUGAL: O PRIMEIRO TESTE DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL E O SEU IMPACTO NA COMUNIDADE CIENTÍFICA NACIONAL	43
Elsa Mota; Ana Simões; Paulo Crawford	
MELO E SIMAS	
O PORTUGUÊS QUE TESTOU EINSTEIN	57
Joaquim Fernandes	
DISSERTAÇÕES EINSTEINIANAS EM PORTUGAL (1911-1930)	59
Décio Ruivo Martins	
A GÊNESE DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL OU A LONGA HISTÓRIA DO PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA	101
Paulo Crawford	
LIVROS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PUBLICADOS EM PORTUGAL SOBRE EINSTEIN E RELATIVIDADE	113
Carlos Fiolhais; Sandra Costa	

CATÁLOGO	129
Isabel Vicente; Iuliana Gonçalves; Fernanda Fava; Joaquim Veríssimo	
Publicações periódicas referenciadas – localização	132
Bibliografia Secundária.....	135
Monografias.....	135
Artigos	154
Bibliografia Primária.....	183
Monografias.....	183
Artigos	188
APÊNDICE	
FAC-SÍMILE DO MANUSCRITO DO CURSO DE RELATIVIDADE MINISTRADO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS DE LISBOA NO ANO LECTIVO DE 1922-23	206

PREFÁCIO

Carlos Fiolhais (*)

No ano de 2005 celebra-se por todo o mundo, incluindo naturalmente Portugal, o *Ano Mundial da Física*. Esse *Ano Mundial* pretende assinalar o centenário dos principais trabalhos de Albert Einstein, o sábio que nasceu na Alemanha e mais tarde se naturalizou primeiro suíço e depois norte-americano. Apesar de muitas outras notáveis contribuições que deu à física, Einstein é principalmente conhecido por ser autor da teoria da relatividade, que de certa forma substituiu a antiga mecânica de Galileu e Newton.

Não podia uma grande instituição cultural como é a Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra alhear-se dessa celebração. Assim, foi decidido organizar uma exposição, essencialmente documental mas também iconográfica e experimental, subordinada ao título *Einstein entre nós*, que trata a recepção da obra de Einstein em Portugal desde o ano de 1905 até ao ano da sua morte, em 1955 (como é evidente, Einstein continuou e continua a ser recebido entre nós).

A primeira vez que Einstein aparece referido entre nós foi em 1912, numa obra do filósofo Leonardo Coimbra (um filósofo formado em matemática!). A referência surge na sua tese de concurso para professor na Universidade de Lisboa e contém, de forma correcta, as ideias essenciais da teoria da relatividade restrita de 1905. Mas isso foi apenas o início de um grande conjunto de referências...

A Biblioteca Geral possui extraordinários fundos, sobre o século XX português, cuja pesquisa permite avaliar o impacto que a obra einsteiniana teve em Portugal e dar ao público interessado uma ideia, ainda que sumária, desse impacto.

(*) Director da Biblioteca Geral e Professor de Física da Universidade de Coimbra

Com a preciosa ajuda de um conjunto de estudiosos portugueses, que foram convidados para formar uma Comissão Científica, a equipa da exposição procurou de forma exaustiva (e nunca se consegue ser exaustivo neste tipo de trabalhos), no seu espólio, assim como no espólio da Biblioteca de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, os escritos sobre Einstein e de Einstein, no período de 1905 a 1955. Reuniu o conjunto de trabalhos apresentados no catálogo apresentado na segunda parte deste livro. Dividiram-se esses trabalhos entre os que são da autoria de portugueses e tratam de Einstein e da sua obra, incluindo neste grupo notícias, artigos de opinião, etc., e os trabalhos do próprio Einstein, originais ou nalguns casos traduções (já sem preocupações com o limite temporal atrás referido), que se encontram em livros ou publicações periódicas na Biblioteca Geral ou na Biblioteca do Departamento de Física.

Esta recolha, se tal fosse preciso, mostra bem que a Biblioteca Geral é uma das mais notáveis do país, sendo, a par com a Biblioteca Nacional e poucas outras, um dos sítios onde se reúne em maior quantidade o rico património bibliográfico do país. Do mesmo modo, a Biblioteca do Departamento de Física é a maior biblioteca de Física a nível nacional e, apesar da diminuição recente de financiamento, uma das melhores na Europa. Ao contrário do que por vezes se pensa, a Biblioteca Geral, que, além de um fundo geral proveniente de depósito legal, possui vários fundos especiais provenientes de doações ou aquisições que a tornam verdadeiramente única, é não só uma biblioteca de letras mas também de ciências. De qualquer modo, como prova a presente colaboração, a Biblioteca Geral e as bibliotecas departamentais complementam-se, sendo cada vez mais necessário e útil um catálogo único disponível em linha.

Teria sido impossível, no espaço impressionante mas restrito da Sala de São Pedro da Biblioteca Geral, expor todos os documentos catalogados, pelo que foram escolhidas, com o auxílio da Comissão Científica, as peças mais significativas. Esperamos que o visitante e o leitor deste catálogo se apercebam da relevância das bibliotecas como repositórios e mostruárias de um património cultural e científico que é de todos. E esperamos também que o visitante ou o leitor reparem no atraso – ou, visto noutra perspectiva, no avanço – da ciência em Portugal entre 1905 e 1955. É, em particular, interessante a polémica que houve entre nós a propósito de Einstein e da relatividade, com os relativistas de um lado (além de Leonardo Coimbra, Mário Silva, Rui Luís Gomes, Abel Salazar, etc.) e os antirelativistas (Francisco Costa Lobo, Gago Coutinho, etc.) do outro. Note-se que polémicas similares ocorreram noutros países – basta lembrar as ideias erradas sobre relatividade e por isso logo contraditas do filósofo francês Henri Bergson – mas assinala-se que, em Portugal, a polémica decorreu sobre-

tudo em revistas de cariz literário, mostrando que nessa época, embora só em certos estratos da população, existia entre nós uma cultura científica.

Na primeira parte desta obra e como enquadramento das listas bibliográficas reúne-se um conjunto de textos da autoria de membros da Comissão Científica da exposição - nomeadamente físicos e historiadores - sobre a recepção de Einstein, que reflectem sobre o tema da exposição e ajudam a vê-la. Um dos episódios realçados por esses autores - é de resto, bem conhecido - é a confirmação da teoria da relatividade geral em 1919, num território que na altura era português, a ilha do Príncipe. Menos conhecido é o facto de Einstein ter passado duas vezes por Portugal, à ida e à volta na sua viagem à América do Sul, no ano de 1925. Os jornais portugueses deixaram praticamente passar em branco a visita de Einstein, apesar de o sábio na altura já ser Prémio Nobel e mundialmente famoso. Há um diário de viagem de Einstein, em que ele dedica uma página a descrever a sua impressão de Lisboa, uma "cidade maltrapilha mas simpática" (o seu encontro com as varinas lisboetas ficou particularmente na sua memória...). Claro que há mais relações de Einstein com Portugal, mostradas na exposição, como a sua nomeação para membro da Academia de Ciências de Lisboa e a correspondência que trocou com um físico português, nascido em Reguengos de Monsaraz, que, depois de estudar em Coimbra e de algumas estadas no estrangeiro, foi professor na Universidade de Lisboa e investigador da Gulbenkian - António Gião.

A fim de auxiliar estudantes interessados em iniciar-se na obra de Einstein, fez-se também uma recolha comentada de livros de divulgação e manuais que se publicaram entre nós sobre Einstein e a relatividade, incluindo traduções de obras e trechos do próprio Einstein. Essa recolha vem no fim da primeira parte deste volume.

Um "fac-simile" de parte do curso de Relatividade dado na Faculdade de Ciências de Lisboa, no ano lectivo de 1922-1923, pelo Professor António dos Santos Lucas é apresentado no final desta obra. As notas manuscritas foram recolhidas pelo então aluno Francisco Paula Leite Pinto e encontram-se depositadas no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa. O manuscrito original foi exibido nesta exposição, mostrando que não houve grande demora na introdução da relatividade geral no nosso ensino universitário.

A presente exposição não reclama a originalidade. Lembre-se que ela vem na linha de mostras anteriores do mesmo tipo realizadas por bibliotecas portuguesas: em 1930, quando da visita a Portugal do físico francês Paul Langevin (um dos grandes "difusores" da relatividade), a Biblioteca Nacional realizou uma exposição e editou um catálogo de livros de Física que foi inaugurado pelo

Presidente da República. Para essa exposição foi solicitada a colaboração do próprio Einstein (parece que ele não respondeu, mas houve a colaboração do então muito jovem mas já famoso físico alemão Werner Heisenberg, um dos criadores da mecânica quântica). E, em 1979, na Biblioteca do Departamento de Física da Universidade do Porto, esteve também patente uma exposição bibliográfica, acompanhada de um pequeno catálogo de livros de e sobre Einstein, celebrando os cem anos do nascimento do físico.

Finalmente, resta agradecer a algumas pessoas e instituições sem as quais a exposição e o catálogo não poderiam ter sido feitos. Quero manifestar o meu maior reconhecimento aos bibliotecários da Biblioteca Geral, em particular as Dras. Isabel Vicente e Iuliana Gonçalves e ao bibliotecário estagiário Dr. Joaquim Veríssimo, bem como à bibliotecária do Departamento de Física da Universidade, Dra. Fernanda Fava, pelo extraordinário profissionalismo e zelo que revelaram na organização da exposição e do presente catálogo. O mesmo se aplica ao Dr. Alexandre Ramires, responsável pela imagoteca que está em formação na Biblioteca Geral.

Agradeço igualmente ao Museu de Ciência da Universidade de Lisboa a cedência do manuscrito do curso de relatividade proferido pelo Professor Santos Lucas na Faculdade de Ciências de Lisboa, bem como as imagens fac-similadas do manuscrito contidas na presente obra. Também agradeço a gentileza da oferta de algumas obras pela Coimbra Editora e pelo Museu Nacional da Ciência e da Técnica Doutor Mário Silva.

Quero agradecer ao Departamento de Física da Universidade toda a colaboração prestada nomeadamente nas pessoas do Presidente do Departamento, Prof. Doutor José Dias Urbano, e do Presidente e Vice-Presidente da Comissão Científica, Prof. Doutor José António Paixão e Prof^a Doutora Constança Providência, que organizaram a parte iconográfica e experimental (foi exibida a experiência do efeito fotoelétrico que está associada ao prémio Nobel de Einstein). E também agradeço o apoio da Sociedade Portuguesa de Física, na pessoa do seu Presidente, Prof. Doutor José Dias Urbano, e da Mestra Sandra Costa, professora destacada para colaboração no *Ano Mundial da Física*.

Por último, são devidos vivos agradecimentos à Imprensa da Universidade, dirigida pelo Prof. Doutor José Faria e Costa, que em pouco tempo conseguiu preparar e imprimir este volume. Estamos perante um exemplo de colaboração há pouco iniciado entre a Biblioteca Geral e a Imprensa da Universidade.

ALBERT EINSTEIN: O TRIUNFO DO INTELLECTO

Orfeu Bertolami ^(*)

Há uma citação de Einstein que é particularmente saborosa. Ao ser defrontado com uma questão complexa, este responde sem hesitar: “*Não sou nenhum Einstein para responder a isto!*” Penso que este episódio ilustra com precisão a noção de que Einstein representa acima de tudo o intellecto, mesmo que seja evidente que o homem real nunca poderia estar à altura do Einstein mítico. Em certa medida, era esta pureza da intelligência, que se manifestava de forma anárquica e indomável num judeu gorducho com os cabelos desalinhados, que a ideologia do nacional socialismo, baseada em certezas absolutas, tanto odiava. Para este tipo de visão do mundo, era uma perturbação intolerável da ordem natural das coisas que a intervenção de um homem no mundo se pudesse fazer por meio de um bloco com equações e um violino. Atribuo à crença que Einstein tinha na primazia do intellecto, a razão pela qual ele tanto admirava Mahatma Ghandi. A seu ver todos os actos deveriam ser guiados por ideias claras e elevadas. Também acredito que os portugueses têm uma sensibilidade especial para questão da primazia do intellecto, pois demonstraram ser possível levar a cabo uma revolução usando cravos como munição.

Celebrar o centenário do ano miraculoso de Einstein é uma oportunidade excepcional para reflectirmos sobre a importância do conhecimento científico e o seu crescente impacto no mundo contemporâneo. Para Portugal esta questão é particularmente importante pois esperamos com ansiedade as múltiplas reformas de fundo que potenciem o desenvolvimento material e intellectual da nossa sociedade. Parece-me evidente que estes objectivos não podem ser alcan-

^(*) Instituto Superior Técnico, Departamento de Física.

çados sem um esforço empenhado e continuado na educação, na formação de quadros especializados, no estímulo e apoio às actividades científicas e intelectuais. Penso que esta exposição dá um contributo positivo nesta direcção. Mas antes de especularmos sobre o futuro, visitemos brevemente o passado.

Convém lembrar que a passagem de Einstein por Lisboa, em 11 de Março de 1925, passou totalmente despercebida. Einstein vinha de Hamburgo no navio “Cap Polonio” e tinha como destino o Brasil, a Argentina e o Uruguai. Não deixou de lhe chamar a atenção a elegância das varinas, a imponente vista que do Castelo de São Jorge se tem da cidade e do porto, e a beleza do claustro dos Jerónimos com o seu “*adorável chafariz em forma de leão*”. Exprime também no seu diário de viagem, algumas impressões sobre o modo de estar lisboeta:

“A vida parece transcorrer confortável, bonacheirona e sem pressa ou mesmo objectivo ou consciência. Por toda a parte temos consciência da cultura antiga. Graciosa. Vendedora de peixes fotografada com uma bandeja de peixe na cabeça, gesto orgulhoso, bem humorado.”

Uma visita discreta que contrastou fortemente com a sua passagem pelo Brasil, onde os jornais notificavam a passagem pelo Rio de Janeiro “*do maior génio que a humanidade produziu depois de Newton*”, entre outros acontecimentos mundanos, como o relatado pelo “*O Jornal*”, de ter o sábio provado vatapá com pimenta. Einstein proferiu ainda conferências no Rio de Janeiro em Maio de 1925, e nestas estiveram presentes a elite intelectual, social e política da sociedade brasileira e pelo menos uma figura portuguesa de destaque, o almirante Gago Coutinho. De facto, o carácter anónimo da breve estadia de Einstein por Lisboa é algo surpreendente tendo em vista que o cientista já fora galardoado em 1922 com o prémio Nobel referente ao ano de 1921 e, desde o eclipse de 29 de Maio de 1919, confirmando a sua teoria da Relatividade Geral, que artigos sobre o sábio eram frequentes em jornais de todo o mundo. Devemos recordar que foi também em território português, na roça Sundi no Príncipe, que parte da expedição britânica, liderada pelo prestigiado astrónomo inglês Arthur Eddington, instalou o seu equipamento e tirou 16 chapas fotográficas, 2 das quais em boas condições e que com as obtidas por membros da expedição em Sobral no nordeste brasileiro, permitiram a validação da teoria. Se na expedição do outro lado do Atlântico houve participação dos astrónomos brasileiros, em Portugal o acontecimento não envolveu qualquer membro

da comunidade científica local, excepção feita a uma breve troca de correspondência entre Eddington, Campos Rodrigues e Frederico Oom, respectivamente director e subdirector do Observatório Astronómico de Lisboa, relativamente a questões de logística na ilha de Príncipe.

Contudo, se no passado as “*linhas do mundo*” de Einstein e de Portugal não se cruzaram mais que efemeramente, causa satisfação ver que no presente, o centenário do ano miraculoso de Einstein tenha suscitado grande entusiasmo e um número significativo de actividades de divulgação e formação junto dos jovens e do público em geral. Seria magnífico que o Einstein do século XXI tivesse o português como língua materna e surgisse das fileiras daqueles que estão hoje nas palestras de divulgação ou nos bancos das escolas ou universidades do nosso país.

Não gostaria de desperdiçar esta oportunidade sem mencionar alguns aspectos do contributo científico de Einstein e o contexto em que teve lugar. Primeiro, parece-me importante referir que a revolução desencadeada pelos trabalhos de 1905 de Einstein não foi só uma manifestação de génio, mas acima de tudo o culminar de desenvolvimentos fundamentais que tiveram lugar na física no século XIX. Coube a Einstein encontrar a síntese que permitiu dar unidade à física, quando esta estava fragmentada e hesitante na escolha entre os paradigmas da mecânica de Newton e do electromagnetismo de Maxwell. A síntese resultante, a Teoria da Relatividade Restrita, está na base de praticamente todas as teorias físicas que hoje conhecemos. A sua solução para o efeito fotoeléctrico, outro dos trabalhos de 1905, abriu as comportas da revolução da Mecânica Quântica que está na base dos mais marcantes desenvolvimentos tecnológicos do século XX, do transístor ao laser, este último baseado no fenómeno de emissão estimulada desvendado por Einstein em 1916. A generalização da Relatividade Restrita, a Teoria da Relatividade Geral de 1915, é possivelmente uma das mais elegantes teorias de toda a física, e substituiu o conceito de força gravitacional de Newton pela noção de deformação do espaço-tempo causada pela matéria-energia. O universo conceptual resultante do pensamento de Einstein condiciona todos os desenvolvimentos da física que hoje conhecemos; somente a contribuição de Newton lhe é comparável em abrangência e prevalência. Como Newton, Einstein era dotado de uma prodigiosa capacidade analítica, e associava a esta uma habilidade única na desconstrução dos problemas nos seus elementos mais básicos: espaço, tempo, matéria e energia. A reunião destes elementos num esquema conceptualmente mais económico e matematicamente atraente, ainda que mais complexo, é um dos tra-

ços mais característicos da sua obra. Espaço e tempo dão origem ao espaço-tempo e este não é um palco imutável para os acontecimentos mas, ao contrário, é um elemento activo que condiciona e é condicionado pela dinâmica do mundo material. A essência das duas Teorias da Relatividade, Restrita e Geral, é a unidade das leis da física qualquer que seja o sistema de referência utilizado. Nada mais lógico que nas últimas décadas da sua vida, Einstein se tenha dedicado à unificação da gravitação com o electromagnetismo. Os físicos contemporâneos sabem que as linhas específicas da investigação de Einstein neste domínio não poderiam produzir o resultado que ele almejava, mas não duvidam que a unificação da gravitação com o electromagnetismo e as forças nucleares fraca e forte é a metodologia mais fecunda para se avançar em Física.

REFERÊNCIAS

- BERTOLAMI, Orfeu - Os físicos passaram a ver o mundo através dos olhos de Albert Einstein. *O Público*. 15 Mar. 2005
- BERTOLAMI, Orfeu - *O Livro das escolhas cósmicas*. Lisboa : Editora Gradiva, 2005 (no prelo).
- BERTOLAMI, Orfeu ; PÁRAMOS, Jorge - Einstein e a descrição unificada da natureza. *Gazeta de Física*. Vol. 28, fasc. 3 (2005)
- CLARK , Ronald W. - *Einstein : The life and times*. New York : Avon Books, 1971
- EINSTEIN, A. - *Notas autobiográficas*. Rio de Janeiro : Editora Nova Fronteira, 1982
- EINSTEIN, A. - *Ideas and opinions*. New York : Laurel Edition, 1973
- EINSTEIN, A. ; INFELD, Leopold - *A evolução da física*. Lisboa : Livros do Brasil, 1977
- FITAS, A. J. S. - A Teoria da Relatividade em Portugal nos períodos entre guerras *Gazeta de Física*. Vol. 27, fasc. 2 (2004).
- _____
14 FIRMINO, T. - Albert Einstein. *Pública*. 13 Mar. 2005.
- INFELD, Leopold - *Albert Einstein*. Lisboa : Publicações Europa - América, 1961
- LAGE, Eduardo - O centenário do quantum de luz. *Gazeta de Física*. Vol. 28, fasc. 1 (2005), p. 4-9
- LORENTZ, H. A. ; EINSTEIN, A. ; MINKOWSKI, H. - *O princípio da relatividade*. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1978
- STEINER, F. - Einstein - from Ulm to Princeton, *Europhysics News*, 36 fasc. 4 July/August (2005).
- WHITE, Michael ; GRIBBIN, John - *Einstein : A life in science*. London : Simon & Schuster, 1993

A TEORIA DA RELATIVIDADE EM PORTUGAL (1910-1940) (*)

Augusto José dos Santos Fitas (**)

1. Introdução

No Portugal do período entre guerras a Teoria da Relatividade não passou despercebida e foi alvo de referência e de alguma reflexão, tendo sido tema de relatórios académicos, cursos universitários, comunicações a congressos e ainda de alguns, escassos, trabalhos de investigação mais ligados ao domínio das matemáticas. Em torno desta teoria expressaram-se ideias a favor e contra, tendo-se estabelecido algumas polémicas públicas.

Da análise dos diferentes materiais produzidos percebe-se que a resposta da comunidade universitária portuguesa se centrou, sobretudo, nos professores de Física Matemática e Astronomia, um grupo mais ligado à Matemática do que à Física. Até à década de trinta a relatividade parece não ter interessado cientificamente os físicos portugueses e, além do desinteresse, mantinham sobre ela um profundo cepticismo. Embora tenham sido os matemáticos os primeiros a apresentar a nova teoria em programas de disciplinas universitárias e a desenvolver alguma, pouca, investigação em torno de aspectos matemáticos relacionados com a Relatividade Geral, também no seio deste

(*) Texto de uma conferência com o mesmo título proferida na 13ª Conferência Nacional de Física realizada em Évora em Setembro de 2002. Este texto foi publicado, numa versão reduzida, na Gazeta de Física. Vol. 27, fasc. 2 (2004), p. 4-10

(**) Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência

grupo se assistiu à expressão pública de posições anti-relativistas. É na viragem da década de vinte para trinta que os físicos se vão interessar mais por esta teoria, o que se manifestará unicamente na realização de seminários e na sua inclusão nos programas de disciplinas ministrados no âmbito de cursos universitários.

É na sua vertente filosófica, como teoria responsável quer pela alteração do quadro tradicional das noções de espaço e tempo quer pelo apoio dado às novas correntes de filosofia da ciência, nomeadamente no que diz respeito ao neopositivismo, que a intervenção sobre a Relatividade também se fará sentir na vida cultural portuguesa. Esta teoria será objecto de um maior número de títulos em revistas de índole cultural, como é o caso da *Seara Nova*, *O Diabo* e o *Sol Nascente*, quando comparado com o conjunto e intervenções de carácter estritamente científico. Em meados da década de trinta a bandeira relativista é uma das bandeiras culturais içadas no baluarte daqueles que, em nome do progresso, se opõem ao *stato quo* implantado em Portugal pela Constituição de 1933. De tal modo esta vertente cultural é importante que as polémicas, anti e pró Relatividade, atrás aludidas, se travarão quase na íntegra nas páginas dos jornais acabados de mencionar.

2. Os primeiros passos até à expedição à ilha do Príncipe

As equações da transformação de Lorentz-Fitzgerald, devidamente acompanhadas por uma discussão sobre o Princípio da Relatividade, aparecem escritas, pela primeira vez, em Portugal pela pena de um jovem licenciado em Matemática na Academia Politécnica do Porto, não com propósitos de explanação científica, mas como matéria propiciadora de reflexão filosófica. É seu autor Leonardo Coimbra e a matéria exposta constitui parte da dissertação apresentada ao concurso, em 1912, a assistente de Filosofia da, então muito recente, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa⁽¹⁾. Neste trabalho a Relatividade Restrita é discutida com base num artigo de Langevin⁽²⁾ que é

⁽¹⁾ COIMBRA, Leonardo, 1983, *Criacionismo*, in Sant'anna Dionísio (coord.), *Obras de Leonardo Coimbra*, vol.I, Porto, Lello & Irmão-Editores.

⁽²⁾ LANGEVIN, Paul, 1912, *Le temps, l'espace et la causalité dans la physique contemporaine*, Bulletin de la Société Française de Philosophie, 12, 1-46.

saudado cientificamente nos seguintes termos: «Langevin (...) numa tese notável e audaz, demonstra que o princípio da relatividade permanece, mudando o sentido das noções de espaço e tempo» (COIMBRA, 1983, 103). Leonardo Coimbra adoptou a formulação do cientista francês: a discussão desenvolvia-se em torno do Princípio da Relatividade e não de uma nova teoria; o princípio, não era então entendido como um postulado de uma nova teoria, mas como um enunciado decorrente da experiência negativa de pôr em evidência o movimento da Terra em relação ao éter. Este parece ter sido o primeiro contacto português com a Teoria da Relatividade. Embora sempre marcado pela discussão filosófica, este autor voltará a tratar esta teoria física em textos, também no âmbito da especulação filosófica, que publicará nos anos vinte na revista cultural *Águia* ⁽³⁾.

No Portugal do primeiro quartel do século XX existiam alguns jornais científicos para onde os professores portugueses, físicos e matemáticos, canalizavam grande parte da sua colaboração, como é o caso dos *Annales scientifiques de l'Académie Polytechnique* ⁽⁴⁾, do *Journal de sciences mathématiques physiques et naturelles* ⁽⁵⁾ e d' *O Instituto* ⁽⁶⁾. Compulsando estes jornais até ao fim da segunda década do século passado, as referências à Relatividade são praticamente inexistentes, com excepção de um artigo, aparecido em Dezembro de 1917 n' *O Instituto*, assinado por um matemático, professor de Astronomia

⁽³⁾ COIMBRA, Leonardo, 1921, *A luta pela imortalidade. O tempo e o espaço*, A Nossa Revista, 1921, 3; COIMBRA, Leonardo, 1922, *As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico. A teoria da relatividade restrita*, *Águia*, III série, 1, 21-32; COIMBRA, Leonardo, 1922, *As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico. A relatividade generalizada*, *Águia*, III série, 3, 96-109; COIMBRA, Leonardo, 1927, *O Princípio da relatividade restrita*, *Águia*, IV série, 10 (59), 72-81.

⁽⁴⁾ Editado pela Academia Politécnica do Porto e fundado por Francisco Gomes Teixeira quando deixa a Universidade de Coimbra e passa a professor desta Academia. Neste jornal científico, cujo período de publicação se estendeu de 1905 a 1922, publicam-se não só artigos de autores nacionais, muitos escritos em francês, como também artigos de cientistas de renome internacional, por exemplo: Levi-Civita, 1913, *Sur les systèmes lineaires à deux inconnues, admettant une intégrale quadratique*, *Anais científicos da Academia Politécnica do Porto*, 7 (4), 193-206.

⁽⁵⁾ Publicado em Lisboa, sob a égide da Academia de Ciências, entre 1866 e 1924.

⁽⁶⁾ Revista ligada à Universidade de Coimbra, nasce em 1852 e manteve-se em actividade durante todo o século XX. A sua colaboração era assegurada fundamentalmente pelos professores desta universidade.

da Universidade de Coimbra, Francisco Costa Lobo⁽⁷⁾. Nesta nota, chamando à colação um artigo do professor T. I. See de Montgomery (Missouri, Estados Unidos) publicado no *Bulletin de la Société astronomique de France*, é referido o trabalho de Einstein sobre a Relatividade Geral que, tal como escreve o astrónomo português, é capaz de explicar o movimento do periélio de Mercúrio e de admitir a curvatura dos raios luminosos ao passarem na vizinhança do Sol. A seguir o autor exprime a sua perplexidade porque «na teoria vaga e quimérica de Einstein, a gravitação não é uma força, mas sim uma propriedade do espaço!» (LOBO, 1917, 611), não se coibindo de, algumas linhas abaixo, avançar com uma teoria explicativa da gravitação⁽⁸⁾. É fácil adivinhar as posições anti-relativistas do autor. Pelo que expõe, e pela completa ausência de quaisquer outras referências, percebe-se que o conhecimento que tem dos trabalhos de Einstein deriva unicamente da leitura do artigo do professor americano.

Estas são, tanto quanto se conhece, as duas únicas referências directas à Teoria da Relatividade anteriores a 1919, isto é, antes da confirmação da Relatividade Geral com base nos dados colhidos pelas duas expedições promovidas pela Royal Astronomical Society.

Portugal esteve ligado indirectamente ao importante acontecimento científico de confirmação das previsões da Teoria da Relatividade Geral; como é sabido, o grupo de astrónomos chefiado por Sir Arthur Eddington realizou as suas observações numa ilha equatorial administrada pelo estado português, a ilha do Príncipe, mas não se conhece qualquer tentativa da comunidade científica portuguesa em participar nesta expedição⁽⁹⁾. O outro país anfitrião dos astrónomos da Royal Society foi o Brasil; aqui, ao contrário de Portugal, uma equipa de astrónomos brasileiros, além de efectuar as suas próprias observações, acompanhou de perto os trabalhos da expedição inglesa⁽¹⁰⁾.

⁽⁷⁾ LOBO, Costa 1917, *Explicação Física da Atracção Universal*, O Instituto, 64(12), 611-613.

⁽⁸⁾ Uma teoria que já fora apresentada em conferências pronunciadas em Espanha e onde se ensaiou uma explicação da teoria do éter associada aos fenómenos radioactivos.

⁽⁹⁾ GAGEAN, D. L. and M. Costa Leite, 1992, *General Relativity and Portugal: a Few Pointers Towards Peripheral Reception Studies*. In Einsentaedt, J. and Kox, J. (eds.). *Studies in the History of General Relativity*. Boston, Birkhauser, pp. 03-14.

⁽¹⁰⁾ EINSENSTAEDT, J. , António A.P. Videira, 1995, *A relatividade geral verificada: o eclipse de Sobral 29/05/1919*, in Ildeu de Castro Moreira e Antonio Augusto Passos Videira (org.), *Einstein e o Brasil*, Rio de Janeiro, Editora UFRJ.

De acordo com o relatório publicado pela expedição inglesa⁽¹¹⁾, sabe-se terem existido contactos com os astrónomos portugueses, nomeadamente com a Direcção do Observatório Nacional da Ajuda, sendo mencionados os nomes do Vice-Almirante Campos Rodrigues e de Frederico Oom. Dois anos antes, em 1917, já Frederico Oom, um dos nomes citados, escrevia, num artigo⁽¹²⁾, sobre a qualidade de observação do futuro eclipse na Ilha do Príncipe, *Sendo aliás tão curta a distância à Europa, facilílima a viagem, e proverbialmente remansosos os mares em que ela se tem de fazer, é provável que essa formosa ilha seja escolhida, como estação adequada, por muitos dos astrónomos que a esses fenómenos especialmente consagram a sua atenção, e que não deixarão perder esta nova e relativamente rara oportunidade de utilizar os seus aparelhos e inventos já experimentados, ou de ensaiar outros novos* (OOM, 1917, 97). As palavras são reveladoras do interesse efectivo na observação do fenómeno; todavia nenhum astrónomo acompanhará a expedição de Eddington.

O sucesso na verificação observacional das previsões da Relatividade Geral vão colocar o seu criador nos cumes da fama e da atenção que lhe serão prestadas por todo o mundo culto e, em particular, pela comunidade científica internacional. Na comunicação de 1915 sobre esta teoria, apresentada à Academia Prussiana das Ciências, Einstein sublinha que o êxito na descoberta das equações escritas corresponde a *um verdadeiro triunfo dos métodos de Cálculo Diferencial Absoluto fundado por Gauss, Riemann, Cristoffel, Ricci...*⁽¹³⁾. Eis um reconhecimento que poderá explicar, a par da pesadíssima utensilagem matemática utilizada na sua construção teórica, porque é que a Relatividade Geral vai suscitar maior interesse junto dos matemáticos do que dos físicos. Relembre-se que, em alguns países, a Física Teórica ou, em alternativa, o estudo dos seus métodos e o consequente aperfeiçoamento da sua estrutura matemática, a Física Matemática, era sobretudo objecto de trabalho e ensino por parte dos matemáticos. Os físicos reservavam para si o trabalho de experimentação laboratorial; daí que a sua adesão às ideias relativistas fosse

⁽¹¹⁾ DYSON, Frank W., Arthur S. Eddington and Charles Davidson, 1920, *A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field*, Royal Society of London. Philosophical Transactions A, 220, 291-333.

⁽¹²⁾ OOM, Frederico, 1917, *O Eclipse total do Sol em 29 de Maio de 1919 visível na Ilha do Príncipe*, O INSTITUTO, 64, 2, 97-98.

⁽¹³⁾ BOYER, C, 1991, *A History of Mathematics*, New York, John Wiley & Sons, p. 624.

lenta e reticente. Apesar de em Portugal não haver investigação científica associada ao ensino universitário, o quadro existente reflectia esta tendência geral o que justifica que fosse também no seio dos matemáticos portugueses que a nova teoria tivesse claramente um maior eco.

3. O 1º Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências: uma conferência

É no ano de 1921 que se iniciaram os Congressos Luso-Espanhóis para o Progresso das Ciências, realizando-se o primeiro na cidade do Porto ⁽¹⁴⁾. A conferência inaugural da secção de Matemáticas foi proferida por José Maria Plans y Freire ⁽¹⁵⁾. Nesta palestra de abertura afirmava o matemático espanhol que a Relatividade *era o acontecimento científico de maior transcendência na actualidade*, sublinhando ainda *os grandes serviços que à teoria da relatividade e da gravitação prestaram, através da escola italiana de Ricci e Levi-Civita, o cálculo diferencial absoluto, o qual (...) acaba por ser a linguagem adequada ao estudo do espaço-tempo riemanniano de quatro dimensões, tal como o cálculo vectorial ordinário o fora para o espaço euclideano a três dimensões* (PLANS, 1921, 40). Assinale-se que pela primeira vez em Portugal, um cientista estrangeiro fazia uma conferência científica sobre a Teoria da Relatividade. Esta palestra, na ausência de contactos regulares entre os matemáticos portugueses e o estrangeiro, estimulou, muito provavelmente, os matemáticos nacionais a contactarem com a teoria de Einstein e com a investigação matemática feita em torno da Relatividade Geral.

Este matemático espanhol destacara-se em 1919 ao ganhar um prémio oferecido pela Academia de Ciências Exactas de Madrid para um trabalho onde se explicassem *os novos conceitos de espaço e tempo*, trabalho que veio a ser publicado em 1921 com o título de *Nociones fundamentales de Mecanica relativista* ⁽¹⁶⁾. José Maria Plans y Freire, além de possuir vários tra-

⁽¹⁴⁾ O seu período de realização é de 26 de Junho a 1 de Julho de 1921.

⁽¹⁵⁾ PLANS y Freire, José Maria, 1921, *Proceso histórico del cálculo diferencial absoluto y su importancia actual*, Actas do 1º Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, Madrid.

⁽¹⁶⁾ GLICK, Thomas F, 1986, *Einstein y los españoles - Ciencia y sociedad en la España de entreguerras*, Madrid, Alianza Editorial, p. 125

balhos ligados à Relatividade Generalizada, foi o tradutor do livro de Eddington, «*Space-time and Gravitation*» que foi publicado em Espanha em 1922 (a edição inglesa é de 1920 e a francesa é de 1921). A sua palestra terá impressionado vivamente os seus colegas portugueses de tal modo que, em 1922, será proposto para sócio correspondente estrangeiro da Academia das Ciências de Lisboa. O parecer desta candidatura foi redigido por Pedro José da Cunha, professor de Cálculo e Análise Infinitesimais na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, um outro matemático, que abre o seu relato⁽¹⁷⁾ com o parágrafo seguinte: *A nova Teoria da relatividade, cujas ousadas concepções tanta estranheza produziram por fazer tábuas rasas de certos princípios fundamentais da ciência constituída, surgiu num momento em que esta ciência via os seus créditos fortemente abalados; e sob uma forma, que já foi qualificada de harmoniosa e bela, deu uma interpretação sedutora aos factos experimentais, incluindo alguns para os quais ainda não se encontra explicação* (CUNHA, 1923, 1). E todo o parecer constitui uma descrição sumário dos princípios da Relatividade Restrita e uma alusão fugaz à Relatividade Geral, para finalizar com um resumo das principais contribuições do matemático espanhol que constituem, no fim das contas, a razão de ser da proposta à Academia.

A atenção e o entusiasmo que alguns matemáticos portugueses deram à nova teoria pode ser ilustrada de uma forma breve e expressiva por dois acontecimentos que se relatam em seguida. O primeiro diz respeito a uma comunicação intitulada *L'enseignement des mathématiques doit être orienté pour l'étude de la Relativité*⁽¹⁸⁾, cuja tradução foi publicada posteriormente⁽¹⁹⁾, para ser apresentada ao VII Congresso Internacional de Matemática realizado no ano de 1924 em Toronto⁽²⁰⁾. O autor é Augusto Ramos da Costa, oficial de marinha, especialista em hidrografia, catedrático de Astronomia e Navegação na Escola Naval e de Topografia e Geodesia na Escola do Exército, um entusiasta da relatividade cuja divulgação já ensaiara em dois

(17) CUNHA, Pedro José da, 1923, *Parecer acerca da candidatura do Sr. D. José Maria Plans y Freire a sócio correspondente estrangeiro*, Lisboa, Imprensa Nacional.

(18) Citado no programa do Congresso (O Instituto, 71 (8), 1924, p. 399).

(19) COSTA, A. Ramos da, 1925, *O ensino das matemáticas deve ser orientado para o estudo da Relatividade*, Revista de Obras Públicas e Minas, 633, 74-76.

(20) «esta comunicação, ao que nos consta, não pode ser presente ao mesmo Congresso, por ter chegado tardiamente às mãos do delegado português, sr. Dr. Costa Lobo.» (COSTA, 1925, 74)

opúsculos ⁽²¹⁾. O segundo facto prende-se com a dissertação de doutoramento em matemática apresentada em 1925 pelo licenciado Vítor Hugo de Lemos à Universidade de Lisboa ⁽²²⁾ e que, sendo um trabalho estritamente matemático, contém no seu prefácio as palavras seguintes: *Posta assim a importância do conhecimento do cálculo tensorial para o estudo da teoria geral da relatividade, justifiaremos a apresentação deste estudo pelo desejo de concorrermos para aumentar o número dos que, entre nós vêm discutindo com conhecimento, o valor científico das teorias de Einstein* (LEMOS, 1925,2). Assim se, por um lado, pretendia subordinar-se o ensino da matemática às necessidades requeridas pela teoria de Einstein, por outro, as mesmas necessidades justificavam o estudo sobre determinados temas matemáticos...

Convém ainda referir que é um licenciado em Matemática que, em 1922, faz, pela primeira vez em Portugal, a apresentação, em provas académicas, de um trabalho cujo tema central é a teoria da relatividade restrita ⁽²³⁾. Trata-se de Mário Mora, autor de uma dissertação para concurso de admissão à Escola Normal Superior de Coimbra e cuja publicação é prefaciada por Gomes Teixeira que apelida este texto de *um guia dos viajantes a quem quiser penetrar no Universo de Einstein* (in MORA, 1922, XI).

Também os astrónomos do Observatório Astronómico de Lisboa se interessavam por desenvolver práticas de observação astronómica conducentes à confirmação de alguns resultados da Relatividade Geral ⁽²⁴⁾. Assim, Melo e Simas dava nota: *Satisfazendo um pedido feito pelo Astronomische Nachrichten tentei, no Observatório Astronómico de Lisboa, a observação da ocultação da estrela Washington 5478 (B.D.-q4.4045) pelo planeta júpiter no dia 7 de Março de 1923* (SIMAS, 1926, 115). O objectivo do trabalho era estudar os efeitos previstos pela Relatividade na determinação da posição de uma estrela. Os estudos teóricos previam um desvio de 0,02" e, sobre os resultados das suas observações astronómicas, concluía o astrónomo português que

⁽²¹⁾ COSTA, A. Ramos da, 1921, *A Teoria da Relatividade*, Lisboa, Biblioteca Nacional; COSTA, A. Ramos da, 1923, *Espaço, Matéria, Tempo ou a Trilogia Einsteiniana*, Lisboa, Imprensa Lucas e C^a.

⁽²²⁾ LEMOS, Victor Hugo de, 1925, *Cálculo Tensorial*, Lisboa, Oficinas Gráficas da Biblioteca Nacional.

⁽²³⁾ MORA, Mário António da Cunha, 1922, *Teorias de Einstein, O Princípio da Relatividade Restrita*, Coimbra

⁽²⁴⁾ SIMAS, Melo e, 1926, Ocultação de uma estrela por Júpiter, *Jornal de ciencias mathematicas physicas e naturais*, V(jun), 115-122

são conformes em mostrar uma certa tendência no sentido apontado pela teoria da relatividade (SIMAS, 1926, 121), embora reconhecesse que as incertezas existentes tornavam *a observação de valor realmente muito discutível para efeitos da verificação da teoria* (SIMAS, 1926, 121).

Alguns matemáticos desalinhavam manifestamente desta adesão científica às teorias de Einstein. No segundo Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, ocorrido em Salamanca no Verão de 1923, o professor Costa Lobo proferiu uma conferência⁽²⁵⁾, onde aproveitou a ocasião para explanar a sua própria teoria, já referida no artigo de 1917, e que estava em franca contradição com a Teoria da Relatividade, declarando que esta era *uma doutrina interessante derivada por cálculos admiráveis, mas sem interesse para o mundo físico* (LOBO, 1923, 484). A exemplo de outras tomadas de posição em outras reuniões científicas, onde já afirmara que a teoria de Einstein era uma *moda matemática*⁽²⁶⁾, dá a entender que o esforço da comunidade científica se deveria orientar para outro campo de pesquisas. Percebe-se claramente que este professor de Astronomia da Universidade de Coimbra tinha uma posição de franca oposição em relação à nova teoria, não se furtando a combatê-la nos fóruns internacionais a que tinha acesso.

4. Um curso singular

É na licenciatura em Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, numa das suas disciplinas, que surge pela primeira vez o ensino desta nova teoria. No ano lectivo de 1922-23, o programa da cadeira de Física Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, dado pelo Professor António dos Santos Lucas, é preenchido completamente com um curso sobre a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral⁽²⁷⁾. Pode considerar-se que este curso consagra a entrada da nova teo-

⁽²⁵⁾ LOBO, F.M. Costa, 1923, *La Structure de l'Univers*, O Instituto, 70 (11), 479- 492.

⁽²⁶⁾ LOBO, F.M. da Costa, *Alocução pronunciada pelo Delegado de Portugal (sessão de encerramento)*, O Instituto, 67(12), 601

⁽²⁷⁾ «Na regência da cadeira de Física Matemática ocupou-se em anos sucessivos de assuntos diferentes, tratando com habitual clareza e profundo conhecimento, sempre actualizado, os problemas mais aliciantes da Física Teórica. Fez assim cursos anuais sobre as seguintes teorias: Elasticidade, Capilaridade, Potencial Newtoniano, Propagação do Calor, Cordas Vibrantes, Teoria da Luz, Forma dos planetas, Relatividade, etc.» (COSTA, José Francisco

ria nos anfiteatros universitários portugueses; é através destas aulas que os estudantes de Matemática, não os de Física, tomaram pela primeira vez contacto com a Relatividade.

No Museu de Ciência da Universidade de Lisboa existe uma transcrição deste curso feita por um dos alunos que a ele assistiu. Esta transcrição manuscrita é constituída por três volumes: um *borrão* do curso⁽²⁸⁾, muito provavelmente apontamentos coligidos nas aulas e posteriormente lidos, ou eventualmente corrigidos, pelo professor; os outros dois volumes são o curso⁽²⁹⁾ passado a limpo ou melhorado e, destes, o primeiro corresponde à *Teoria da Relatividade Restrita* enquanto que o segundo diz respeito à *Teoria da Relatividade Generalizada*. Exactamente porque, de acordo com o autor das notas, ambos os manuscritos se referem ao mesmo curso, preste-se atenção à versão melhorada, pois é mais cuidada na sua redacção e contém informação que está ausente do *borrão*, nomeadamente a indicação bibliográfica.

A matéria que consta no primeiro tomo está dividida em duas partes: transformação de Lorentz e Relatividade Restrita. Na primeira parte, dedicada à transformação de Lorentz, mostra-se que as equações da mecânica clássica obedecem ao grupo de transformações de Galileu, enquanto a equação de propagação das ondas das ondas electromagnéticas, estabelecida por Maxwell, não é um invariante perante esta transformação de referencial. Em seguida procura-se a transformação que assegura a invariância clássica, da mecânica newtoniana, e a dos corpos electromagnéticos em movimento. Conclui-se sobre a forma da transformação de Lorentz-Fitzgerald e sobre a constância da velocidade das ondas electromagnéticas ou a resolução das contradições levantadas pelas conclusões da experiência de Michelson. O segundo capítulo desta primeira parte estuda os *Vectores no Universo de Minkowski*. A segunda parte divide-se em dois capítulos: cinemática e dinâmica relativista. O capítulo votado à *Dinâmica Relativista* inicia-se com a frase, *Einstein e a maior parte dos escritores da teoria da relatividade baseiam o estudo da dinâmica nas equações do Campo Electromagnético* e termina com uma apresentação geral

Ramos e, 1966, *Evocação do Prof. Santos Lucas no centenário do seu nascimento*, Boletim da Academia das Ciências de Lisboa, vol. XXXVIII, p. 117).

⁽²⁸⁾ «Curso de Fica Matemática, FCUL 1922-23» (apontamentos coligidos por Francisco de Paula Leite Pinto).

⁽²⁹⁾ PINTO, Francisco de Paula Leite, s/d, *Apontamento de Física Matemática*, FCUL - 1922-23, Lições sobre a Teoria da Relatividade, Doutor António dos Santos Lucas (dois volumes).

dos teoremas sobre o movimento, a relação entre massa e energia e as implicações da relatividade restrita nas equações de Lagrange e Hamilton, passando pelo estudo da invariância da carga do electrão e da não invariância da massa (não fazendo qualquer referência a resultados experimentais).

O segundo tomo, dedicado à Relatividade Geral, é constituído por três partes: a primeira, uma introdução com noções de cálculo Tensorial; a segunda versa sobre a teoria propriamente dita; a terceira diz respeito às «Confirmações da Teoria»; acrescentando no final uma bibliografia onde constam trinta e quatro títulos.

A Relatividade Geral é apresentada em três capítulos, «O campo de Gravitação», «O Princípio da Relatividade Geral» e a «Dinâmica de Einstein». «As confirmações da Teoria» subdividem-se em três capítulos que correspondem, respectivamente, ao movimento do periélio de Mercúrio, ao desvio da luz pelo campo gravítico (são referidas as observações no Sobral e na Ilha do Príncipe) e ao deslocamento para o vermelho das riscas espectrais. Cada um destes fenómenos é estudado de uma forma completa, havendo a preocupação de apresentar quer os antecedentes da anomalia bem como os resultados das várias observações que confirmam a Relatividade Geral.

No final do manuscrito é apontada uma lista de «Livros Consultados» que poderá, com alguma cautela, ser tomada como uma bibliografia proposta e que é constituída maioritariamente por edições em língua francesa e, junto de cada uma das referências, aparece um pequeno comentário que lhe é dedicado. O facto de o curso ser manuscrito por um aluno, bem como a natureza dos comentários aí escritos, não autoriza a admissão que estes sejam da autoria do Professor Santos Lucas. Contudo, porque parece improvável que qualquer estudante conhecesse todos os livros citados, pode vislumbrar-se que haja uma contribuição opinativa do professor. As obras destacadas, cujo comentário é *os melhores de todos* ou *os Livros dos Mestres que todos devem ler*, são as de Eddington e Weyl, referenciadas nas suas edições francesas⁽³⁰⁾. De Einstein aparecem referidas, também em edição francesa, três brochuras: *La Theorie de la Relativité, L'éther et la theorie de la relativité* e *La Géometrie et l'expérience*. Os trabalhos de W. de Sitter, *On Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences* estão também presentes. O livro de

⁽³⁰⁾ EDDINGTON, 1921, *Espace, Temps et Gravitation*, Paris, Hermann; WEYL, 1922, *Temps, Espace, Matière*, Paris, Blanchard.

Jean Becquerel, *Le Principe de la Relativité et le Principe de la Gravitation*, é apodado de *ótimo*, enquanto o livro de divulgação mais claro que conheço é o epíteto atribuído a *Initiations aux Théories de Einstein*, de Gaston Moch, reservando para *La théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, de Max Born, a classificação de muito razoável. O livro Plans y Freire, *Nociones fundamentales de Mecanica relativista*, merece o comentário seguinte: *Foi o livro que seguimos mais de perto no nosso curso. Acho-o pouco claro e se não tivesse sido desbastado pelo nosso professor seria incompreensível. É demasiado matemático com fórmulas que não interpreta. Haja em vista, entre dezenas d'exemplos, as fórmulas de gravitação de Einstein; é óbvio que aqui fala o estudante...* Uma nota marginal: este comentário reforça a ideia sobre a influência da conferência de Plans y Freire junto dos matemáticos portugueses.

Só três títulos são em português e um deles é o segundo trabalho, já referido, de A. Ramos da Costa que não tem qualquer comentário. De Paul Langevin não se cita um único trabalho. As obras de Henri Poincaré, *La valeur de la Science* e *La Science et l'Hypothese*, são indicadas na bibliografia com o comentário *não há tratado nenhum sobre a relatividade que não cite estes livros*, o que revela que o interesse físico e matemático se sobrepunha claramente às conjecturas filosóficas sobre a construção das teorias científicas.

Destaque-se a predominância do francês na bibliografia citada, o que se deve sublinhar como indicador da fortíssima influência da cultura francesa no meio universitário português, factor que também condiciona a forma como a universidade portuguesa toma conhecimento, nesse período, dos trabalhos de investigação científica mais avançados, particularmente os realizados no domínio da Física e da Matemática. Outra nota marginal: na grande maioria dos trabalhos consultados de autores portugueses, há uma ausência quase total de referências em língua alemã e mesmo os trabalhos originalmente em inglês são muitas vezes citados na sua tradução francesa.

Comparando o plano deste curso com a obra de Plans y Freire, não há dúvida que este último é seguido de muito perto por Santos Lucas, a organização e sucessão dos capítulos é praticamente a mesma, embora em muitas das suas secções se afaste claramente do excessivo tratamento matemático imposto pelo seu colega espanhol. Fazendo fé na transcrição do estudante, Santos Lucas procura acentuar, para lá das interpretações físicas das fórmulas, as razões físicas do desenvolvimento da teoria e, neste ponto, são manifestas

as influências do curso de Jean Becquerel⁽³¹⁾. Estas considerações devem ser tomadas com algumas reticências, pois ignora-se o trabalho de reconstrução de que foram alvo as lições por parte do estudante «compilador».

Considera-se singular este curso porque, apesar de nas décadas seguintes quer professores de física quer professores de matemática incluírem a Relatividade como um dos tópicos dos seus cursos, é neste que, pela primeira e única vez, durante muitos anos, esta teoria constitui o tópico único do programa anual de uma disciplina.

5. Os físicos portugueses e a nova Teoria: o estalar das primeiras polémicas

Nas sessões plenárias da Academia de Ciências de Lisboa de 7 e 13 de Julho de 1921, o académico e professor catedrático de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, José de Almeida Lima, apresentou, respectivamente, as comunicações *Consequências relativas à propagação da luz* e *O simbolismo na Sciencia* cujos textos virão a ser publicadas no *Jornal de ciencias mathematicas physicas e naturaes*⁽³²⁾. É a primeira vez que um físico, em Portugal, aborda este tema e fá-lo com o propósito de discutir filosoficamente a teoria de Einstein, uma discussão completamente expurgada da linguagem matemática e feita de forma especulativa em torno dos novos conceitos. O autor cita os principais artífices da nova teoria, Lorentz, Fitzgerald, Michelson, Morley e Einstein e, perante a contracção do espaço, concluída por Lorentz, escreve: *Para o meu senso comum de homem vulgar uma tal conclusão seria considerada como um absurdo (...) contudo esta conclusão foi aceite por Einstein, e considerada mesmo como basilar nas suas teorias* (LIMA, 1924, 101). E, umas linhas à frente, *custa-me, na verdade, ver assim o camartelo do progresso vibrando os seus desapiedados golpes numa construção que sempre considerei a mais bela que o génio humano tem levantado* (LIMA, 1924, 101), referindo-se ao desaparecimento do conceito de éter, que ele se recusa a aceitar. Em apoio à necessidade de manutenção deste conceito,

⁽³¹⁾ BECQUEREL, Jean, 1922, *Le principe de la Relativité et la Théorie de la Gravitation*, Paris, Gauthiers-Villars.

⁽³²⁾ LIMA, José de Almeida, *A Física perante as teorias de Einstein*, *Jornal de ciencias mathematicas physicas e naturaes*, 3ª série, tomo IV, Junho 1923-Maio 1924, 97-115.

como base fundamental para o entendimento dos fenómenos físicos, manifesta o seu acordo com as concepções de Costa Lobo (LIMA, 1924, 102). Não cita fontes e pelo carácter do texto é-se levado a crer que o seu conhecimento sobre a teoria não se baseava em publicações de carácter assumidamente científico. Não é difícil perceber que advoga um forte cepticismo perante as ideias relativistas.

Em 1923, no concurso para Professor de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, o tema Relatividade será novamente referido, não enquanto tema central, mas integrado numa abordagem sobre *O Conceito de Matéria na Evolução das Teorias Físicas*, tema das provas de Cyrillo Soares⁽³³⁾. É a segunda intervenção de um físico e versará unicamente aspectos da Relatividade Restrita, limitando-se a mostrar que *a matéria e a energia são duas formas da mesma substância e a justificar o conceito de matéria, formulado pela Energética e de que já tratámos* (SOARES, 1922, 70). Também aqui não se citam os originais científicos, as referências sobre esta teoria são em língua francesa e resumem-se a livros de vulgarização assinados por Jean Becquerel e Gaston Moch⁽³⁴⁾. Cyrillo Soares aceita as conclusões relativistas e, perante elas, não assume qualquer tom crítico. Embora marginalmente, é interessante referir a apologia do *Energeticismo* feita pelo autor e que o leva a concluir: *As moléculas, os átomos e os corpúsculos electrónicos são hipóteses, não só aceitáveis, mas verdadeiramente úteis para a economia e desenvolvimento da Ciência* (SOARES, 1922, 77).

É na década de trinta que os físicos intervieram de uma forma mais determinada no quadro da recepção da Teoria da Relatividade. É preciso aguardar pelos finais do ano de 1929 para que o país receba a visita de um físico ilustre e pioneiro no debate em torno das ideias relativistas, Paul Langevin. Esta visita e o início da chegada de alguns físicos, bolseiros da Junta de Educação Nacional em países europeus, constituirão o estímulo para que o tema Relatividade comece, lenta e esporadicamente, a ser, não só incluído no ensino da Física, como também objecto de conferências universitárias, já que, tanto quanto se saiba, na época, nunca foi alvo de qualquer tentativa de investigação por parte dos físicos.

⁽³³⁾ SOARES, A. Cyrilo, 1922, *O Conceito de Matéria na Evolução das Teorias Físicas*, Lisboa.

⁽³⁴⁾ BECQUEREL, Jean, *Exposé élémentaire de la Théorie d'Einstein*; MOCH, Gaston *La relativité des phénomènes*.

Paul Langevin deslocou-se a Portugal sob a égide do Instituto Francês de Portugal e representou o College de France nas cerimónias do III Jubileu da Academia de Ciências de Lisboa⁽³⁵⁾, a sua presença foi aproveitada para a realização de algumas conferências na Universidades de Lisboa, Coimbra e Porto⁽³⁶⁾. Na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa as suas palestras foram proferidas nos dias 2, 4, 5 e 6 de Dezembro de 1929, versando, respectivamente, os temas *Valor filosófico da teoria da relatividade*, *A nova mecânica e a inércia da energia*, *A confirmação da relatividade restrita* e *Os desenvolvimentos recentes da Relatividade generalizada*. As conferências em Coimbra, dadas nos dias 10 e 11 de Dezembro, trataram, nomeadamente, da *Teoria da relatividade restrita, suas consequências físicas e astrofísicas* e de *O estado actual da relatividade Generalizada*. A conferência no Porto realizou-se no dia 13 de Dezembro.

Na sequência desta visita, ocorreu em Portugal uma interessante exposição promovida pela Biblioteca Nacional e inaugurada em Abril de 1930⁽³⁷⁾ que esteve prevista para abrir mais cedo, entre 5 e 15 de Dezembro de 1929, coincidindo com a estadia de Paul Langevin no nosso país (RUA, 1997, 161). Na apresentação do seu catálogo⁽³⁸⁾, o Director da instituição organizadora escrevia que à Biblioteca Nacional (...) *convergiram as encomendas dos últimos meses sobre o domínio da Física, abrangendo os campos, recentemente desbravados, da Teoria da Relatividade, da Mecânica Ondulatória e da Teoria dos Quanta* (BIBLIOTECA, 1930, 6). Da consulta do seu catálogo, onde constam artigos e livros de, para citar só alguns, Einstein, Poincaré, Langevin, Broglie, Cartan, Schrödinger, Whitehead, Russell, Jeans, Planck, Sommerfeld, Bohr, Levi-Civita, Enriques, Eddington, Klein, Weyl, Minkowski, Lorentz, verifica-se que a Relatividade é um tema científico que ocupa uma posição proeminente. A exposição foi inaugurada com pompa e circunstância pelo Presidente da República de então, mas não se sabe qual foi

(35) ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, 1931, *III Jubileu da Academia das Ciências de Lisboa*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 1931, p. 432.

(36) O SÉCULO: 3/12/29, 5/12/29, 6/12/29, 7/12/29, 10/12/29, 11/12/29. O Comércio do Porto de 14/12/29.

(37) RUA, Fernando B.S., 1997, *História da Ciência em Portugal: A exposição de Física da Biblioteca Nacional em 1930*, Leituras : Rev. Bibl. Nac., S.3, nº1, 159-168.

(38) BIBLIOTECA NACIONAL, 1930, *Exposição de Física/ Abril 1930/ Catálogo*, Lisboa.

o seu impacto ao nível dos visitantes. Um apontamento curioso sobre as publicações expostas: dela não constava nenhum dos trabalhos de José Maria Plans y Freire que tanto impressionaram os matemáticos portugueses na década anterior; os únicos autores espanhóis presentes eram Ortega y Gasset⁽³⁹⁾ e Blas Cabrera⁽⁴⁰⁾.

Mário Silva⁽⁴¹⁾, um dos bolsheiros chegados ao país após três anos parisienses, ao tentar a instalação do Instituto de Rádio da Universidade de Coimbra⁽⁴²⁾, no ano lectivo de 1930-1931, declarava a intenção de *discutir entre nós, no nosso pequenino meio coimbrão (...) algumas doutrinas novas, não menos sensacionais, como a dos Quanta e a da Relatividade* (SILVA, 1971, 148). É neste contexto que convida Manuel dos Reis, um físico-matemático, para proferir uma conferência intitulada *A Nova teoria do campo de Einstein* cujo texto não foi publicado. É também Mário Silva que inicia a introdução da nova teoria nas suas aulas de física. No seu livro⁽⁴³⁾, publicado no início da década de trinta e que, tal como aparece no texto da sua página de rosto, são *apontamentos para uso dos alunos de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, expõe logo no primeiro capítulo, *Da forma e movimento dos corpos*, os princípios da cinemática relativista e onde referencia a visita de Langevin: *Quando, em 1929, Langevin, o conhecido professor do Colégio de França, nos visitou para fazer uma conferência sobre a teoria da relatividade, no nosso anfiteatro de Física, quis ter a amabilidade de nos apresentar uma demonstração simples das fórmulas do grupo de Lorentz que, segundo disse, expressamente tinha preparado para a sua viagem a Portugal* (SILVA, s/d, 49). Ao longo desta década, a apresentação dos princípios da Relatividade Restrita será feita pelo mesmo professor nos seus cursos de Mecânica Física e Electromagnetismo, lições que fez questão de publicar em edições bem cuidadas, o que não era a atitude da maior parte dos professores universitários da época.

(39) ORTEGA Y GASSET, 1928, *El Tema de nuestro tempo... El sentido histórico de la teoría de Einstein*, Madrid, Revista de Occidente.

(40) BLAS CABRERA, 1923, *Principio de relatividad*, Madrid, Residencia de Estudiantes.

(41) Professor Catedrático na Universidade de Coimbra desde 1931, foi afastado compulsivamente da universidade portuguesa em 1947.

(42) SILVA, Mário A., 1971, *Elogio da Ciência*, Coimbra, Coimbra Editora Limitada.

(43) SILVA, Mário, s/data, *Lições de Física*, Coimbra, Livraria Académica.

António da Silveira, outro bolseiro chegado de Paris no ano de 1933, foi encarregue da regência das disciplinas de Física Geral e Experimental I e II no Instituto Superior Técnico, introduziu na segunda disciplina mencionada, no âmbito do ensino do electromagnetismo, uma exposição sobre a Relatividade Restrita⁽⁴⁴⁾. Em 1939 proferirá no Instituto de Oncologia uma conferência intitulada *Relatividade, ondas e corpúsculos* que é publicada.

Estas são, no período entre guerras, o essencial das intervenções dos físicos sobre a Teoria da Relatividade. Importa acrescentar que dois dos acontecimentos relatados, as conferências de Langevin em Lisboa e os seminários promovidos por Mário Silva em Coimbra, vão dar origem, no nosso país, aos dois primeiros confrontos entre anti e pró relativistas.

Em 1930, Gago Coutinho que, em lugar de destaque, já ouvira Einstein no Brasil⁽⁴⁵⁾, assistia, agora em Lisboa, também em lugar de destaque, às conferências de Paul Langevin e foi, por certo, um dos ouvintes mais atentos já que, sobre o que ouvira, escreveu três artigos na revista *Seara Nova*⁽⁴⁶⁾, onde reiterava as suas posições anti-relativistas defendidas no Brasil e já dadas a conhecer numa publicação científica nacional⁽⁴⁷⁾. Este último escrito, impresso na revista universitária de Coimbra, não suscitou, quando da sua publicação, qualquer reparo da parte dos universitários portugueses. A *Seara Nova* publicou as opiniões do Almirante, sujeitando-as primeiro à apreciação

⁽⁴⁴⁾ GAGEAN, David Lopes e Manuel da Costa Leite, 1991, *Cultura científica em Portugal: a universidade e o ensino científico da relatividade e da quântica na 1ª metade do século xx*. In Actas do Congresso «História da Universidade» - 7º centenário, vol. I, Coimbra, Universidade de Coimbra, p. 507.

⁽⁴⁵⁾ O Almirante Gago Coutinho que, em artigo publicado num jornal do Rio de Janeiro, fez saber que «o eclipse de Sobral não confirmou como não destruiu o Princípio da Relatividade» (*O Jornal*, Rio de Janeiro, 6 de Maio de 1925, in Antonio Augusto P. Videira, Ildeu de C. Moreira e Luisa Massarini, *Einstein no Brasil: O relato da visita pela imprensa da época*, Publicações do Observatório Nacional, 8/95)

⁽⁴⁶⁾ COUTINHO, Gago, 1930, *Será a relatividade em princípio absurda?*, Seara Nova, 200, 115-123; COUTINHO, Gago, 1930, *A relatividade ao alcance de todos*, Seara Nova, 203, 163-168.

⁽⁴⁷⁾ Quando chegou a Portugal, Gago Coutinho publicou um artigo baseado nas opiniões já expressas no Brasil: COUTINHO, Gago, 1926, *Tentativa de reinterpretação simples da Teoria da Relatividade Restrita*, O INSTITUTO, nºs 73(3), 73(4), 73(5), pp. 354-374, 540-565, 637-670. A sua publicação, talvez se tenha ficado a dever à cumplicidade anti-relativista de Costa Lobo, então director da revista coimbrã.

científica de um matemático, Manuel dos Reis, que se manifestou por um desacordo completo e absoluto com as considerações defendidas por aquele.

A seguir aos artigos de Gago Coutinho a revista publicou a crítica de Manuel dos Reis, *A Teoria da Relatividade e o absurdo de uma crítica* ⁽⁴⁸⁾, onde se refere os escritos anti-relativistas anteriores publicados n' *O Instituto*. Após uma tentativa de expor historicamente a génese da relatividade restrita, enfatizando o facto das equações de Maxwell não obedecerem ao grupo de transformações de Galileu da mecânica clássica, procurou refutar, um por um, os argumentos do seu opositor. E, dirigindo-se ao geógrafo, terminou: *na sua crítica não há uma alusão à electrodinâmica geral, que é pedra angular da teoria de Einstein* (REIS, 1930, 268). A julgar, pela natureza das peças em presença, a resposta às posições anti-relativistas foi dada, todavia a argumentação parece não ter sido suficiente para abalar as convicções na Mecânica Clássica do Almirante. Ambos os contendores ainda produziram mais um artigo de resposta ⁽⁴⁹⁾, mas o debate não se prolongou. A tribuna de discussão teve lugar permanente nas páginas da prestigiada revista de acção cultural e cívica *Seara Nova*.

Mencione-se que na *Exposição de Física* da Biblioteca Nacional estava exposto o primeiro artigo anti-relativista de Gago Coutinho publicado na *Seara Nova* ⁽⁵⁰⁾, sendo acompanhado, entre outros, pelos artigos de Almeida Lima e de Costa Lobo.

Nos seminários que organizava, sob a égide do que pretendia que viesse a ser o Instituto do Rádio, Mário Silva convidou o Professor Costa Lobo que falou sobre uma *Nova Teoria Física baseada nos fenómenos de Radioactividade*, tema que já fora objecto de uma versão apresentada no congresso da British Association for Advancement of Science, em 30 de Setembro de 1931, e cujo texto, em inglês, virá a ser publicado na Revista da

⁽⁴⁸⁾ REIS, Manuel dos, 1930, *A Teoria da Relatividade e o absurdo de uma crítica*, Seara Nova, n.ºs 207 e 209, 227-233 e 264-271.

⁽⁴⁹⁾ COUTINHO, Gago, 1930, *Será a relatividade em princípio absurda?*, Seara Nova, 210, 284-285; REIS, Manuel dos, 1930, *A Teoria da Relatividade e o absurdo de uma crítica*, Seara Nova, 219, 43-47; COUTINHO, Gago, 1930, *A relatividade parece em princípio absurda*, Seara Nova, 229, 195-198.

⁽⁵⁰⁾ FITAS, A.J., 2003, *Nota histórica sobre a Teoria da Relatividade em Portugal nos anos trinta*, in *Seminário sobre Ciência em Portugal na primeira metade do século XX*, Évora, Universidade de Évora.

Faculdade de Ciências⁽⁵¹⁾. Este professor, conhecido pelo seu newtonianismo empedernido, vai manifestar-se contra a Relatividade e a Mecânica Quântica, escrevendo que *in my opinion, however, there is an important fact which ought to guide us, that is the universality of Newton's laws* (LOBO, 1931, 62). Desenvolvendo a sua teoria onde a *desintegration of the atom into elements of matter, very small in relation to the atom and at considerable speeds* (LOBO, 1931, 64), era suficiente para explicar a razão pela qual a *gravitation leads us to admit enormous speeds compared relative to the light; it is a consequence of the fact verified from the instantaneousness now admitted, as a consequence of the way in which the phenomena of gravitation present themselves* (LOBO, 1931, 65). Costa Lobo defendia um *éter radiante* em que *the luminous ray is a suite of spheroidal corpuscles of very different dimensions (...) the luminous phenomenon is produced by the shock given to the retina due to corpuscular radiations of certain velocities and dimensions* (LOBO, 1931, 62). Toda esta teoria era apresentada de uma forma especulativa, sem qualquer suporte matemático.

Perante a «nova teoria» trazida a público nesta jovem revista científica portuguesa, teoria de uma ingenuidade grotesca nos seus raciocínios e que contrariava os desenvolvimentos científicos dos últimos cem anos⁽⁵²⁾, resolvem, em reunião, os professores de Física e Química da Faculdade de Ciências de Coimbra, escrever um artigo de contestação às posições assumidas pelo lente de astronomia. Egas Pinto Basto e Mário Silva são os autores do texto onde se faz a análise detalhada da teoria de Costa Lobo, demolindo-a ponto por ponto⁽⁵³⁾. E a discussão morre por aqui. Contudo subsiste a questão: Mário Silva deveria conhecer as posições anti-relativistas do autor, então porque motivo o convidou para fazer esta conferência? A resposta talvez esteja no segundo parágrafo do artigo que assinava: *Cependant nous avons seulement maintenant des données suffisantes pour faire une critique assez étendue de cette théorie* (BASTO, 1932, 263)...

⁽⁵¹⁾ LOBO, F.M. da Costa, 1931, *Theories in Physics resulting from the Phenomena Radio-activity*, Rev. FCUC, 11 (2), 61-73.

⁽⁵²⁾ «M. Costa Lobo bâtit une théorie comme s'il n'eût aucune connaissance des derniers progrès de la physique (...) on peut presque dire que la théorie de M. Costa Lobo aurait pu être conçue au commencement du XVIII^e siècle.» (BASTO, 1932, 268).

⁽⁵³⁾ BASTO, Egas Pinto e Mário Silva, 1932, *La Theorie physique basée sur les phénomènes de radioactivité, du Dr. F. M. da Costa Lobo*, Rev. FCUC, II (4), 263-280.

Apesar da crítica, Costa Lobo reincidirá na apresentação da sua teoria numa *Conférence faite à la Sorbonne, après invitation de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (...) le 28 mai 1936 (...)*⁽⁵⁴⁾.

6. Os trabalhos de investigação

Durante este período de vinte anos, os únicos trabalhos de investigação associados à Teoria da Relatividade debruçaram-se sobre as suas bases matemáticas, nomeadamente a geometria diferencial, destacando-se aí o matemático Aureliano Mira Fernandes, licenciado e doutorado pela Universidade de Coimbra, professor catedrático do Instituto Superior Técnico desde a sua fundação, onde era responsável pela cadeira de Mecânica Racional. Os resultados obtidos foram publicados, a partir de 1928, nos *Rendiconti* da Academia dei Lincei. Entre 1928 e 1929 publicou nesta prestigiada revista italiana várias memórias ligadas a este tema⁽⁵⁵⁾. Mira Fernandes estaria em contacto com o matemático italiano Levi-Civita e é por seu intermédio que apresenta as diversas comunicações à Academia italiana. Estes artigos do matemático português apareceram expostos na já referida *Exposição de Física* da Biblioteca Nacional, pertencendo à secção designada por *Teoria da relatividade e suas bases matemáticas*. Noutras secções encontram-se os artigos anti-relativistas de Gago Coutinho publicado n'O *Instituto* em 1926, agora compendiados numa brochura,⁽⁵⁶⁾ e também as duas obras de divulgação de Ramos da Costa já referidas⁽⁵⁷⁾. A investigação de Mira

⁽⁵⁴⁾ LOBO, F.M. Costa, 1936, *Théorie Radiante*, O Instituto, 90, 417- 457.

⁽⁵⁵⁾ FERNANDES, A. Mira, *Sur l'ecart géodésique la courbure associée de Bianchi*, Rendiconti della R. Academia Naz. Dei Lincei, 1928, (6),7, 482-486; FERNANDES, A. Mira, *Transports isoclines et directions associés*, Rendiconti della R. Academia Naz. Dei Lincei, 1928, (6),8, 676-679; FERNANDES, A. Mira, *Transports superficiels*, Rendiconti della R. Academia Naz. Dei Lincei, 1929, (6), 9; FERNANDES, A. Mira, *Le tenseur quadruple de Christoffel et le tenseur de Riemann*, Rendiconti della R. Academia Naz. Dei Lincei, 1929, (6), 9. Todos os trabalhos publicados, de 1928 a 1937, pelo Prof. Mira Fernandes nos Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, foram reimpressos na *Portugaliae Mathematica*, volume I, 2ª parte.

⁽⁵⁶⁾ COUTINHO, Gago, 1926, *Tentativa de reinterpretação simples da Teoria da Relatividade Restrita*, Coimbra, Imprensa da Universidade.

⁽⁵⁷⁾ Ver nota 21.

Fernandes⁽⁵⁸⁾ é, nesta década, um acto solitário e singular no meio dos matemáticos e físicos portugueses.

E continuará a sê-lo na década seguinte, enquanto um possível contribuinte para o desenvolvimento da Relatividade Geral. Nos *Rendiconti* publicará em 1931 três memórias, em 1932 duas, em 1933, 1934 e 1935 uma em cada ano e em 1937 novamente duas. Nas comunicações de 1932⁽⁵⁹⁾ e 1933, intituladas *Sulla teoria unitária dello spazio fisico, desenvolve e generaliza uma teoria unitária inicialmente proposta por Infeld e Straneo. Esta Teoria Unitária de Mira Fernandes foi citada, entre outras publicações, no Tratado de Relatividade Geral de Synge (1960) (GAGEAN, 1992, 9). Como escreve Vicente Gonçalves, organizador das suas obras completas⁽⁶⁰⁾, a despeito das suas possibilidades, a teoria unitária que Mira Fernandes então concebeu (e por vezes recordou) não fugiu ao destino das múltiplas tentativas congêneres que ao tempo se fizeram; mas é de assinalar a virtuosidade analítica do autor e da sua investigação (GONÇALVES, 1971, XII).*

Na actividade de «seminário» cumpre-nos fazer referência às lições de Mira Fernandes feitas no Instituto de Altos Estudos da Academia das Ciências de Lisboa subordinadas ao tema *Modernas Concepções da Mecânica*⁽⁶¹⁾. Nestas lições aborda numa primeira parte a Mecânica Relativista e numa segunda a Mecânica Quântica, sem nenhuma referência bibliográfica e após introdução aos princípios gerais da mecânica, extrai as principais equações da Relatividade, detendo-se no trabalho de pesquisa em que mais se sentia envolvido e que fora objecto das suas comunicações *Sulla teoria unitária dello spazio fisico*.

⁽⁵⁸⁾ No 4º Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências (Cádiz, 1927) a conferência inaugural da secção de Matemáticas foi proferida por Mira Fernandes e, embora em nenhuma linha apareça o termo Relatividade, o seu objectivo foi dissertar sobre a evolução do conceito de espaço, «principalmente das tentativas de geometrização do espaço físico» (FERNANDES, A. Mira, *Conceitos Geométricos de Espaço*, in J. Vicente Gonçalves (ed.), 1971, *Obras Completas de Aureliano Mira Fernandes*, vol. I, Lisboa, Centro de Estudos de estatística Económica do ISCEF, 1-16).

⁽⁵⁹⁾ FERNANDES, A. Mira, 1932, *Sulla teoria unitaria dello spazio fisico*, *Rendiconti della Real Academia dei Lincei*, XV.

⁽⁶⁰⁾ GONÇALVES, J. Vicente (ed.), 1971, *Obras Completas de Aureliano Mira Fernandes*, vol. I, Lisboa, Centro de Estudos de estatística Económica do ISCEF.

⁽⁶¹⁾ FERNANDES, A. Mira, 1971, *Modernas concepções da Mecânica*, in J. Vicente Gonçalves (ed.), *Obras Completas de Aureliano Mira Fernandes*, vol. I, Lisboa, Centro de Estudos de estatística Económica do ISCEF, 43-110.

Ficou também a dever-se a Mira Fernandes a proposta apresentada e aprovada na sessão de 17 de Março de 1932 da Academia de Ciências de Lisboa, onde se nomearam Einstein e Levi-Civita como seus sócios correspondentes. Conhece-se a carta de agradecimento endereçada por Einstein, que está nos Arquivos da Academia. Contudo este facto parece não ser conhecido: não é digno de registo em quaisquer comemorações académicas, não passou de um «fait-divers»...

Rui Luís Gomes, matemático doutorado em Física Matemática e discípulo de Mira Fernandes, professor na Universidade do Porto ⁽⁶²⁾, publicou em 1935 nos *Rendiconti* da Academia dei Lincei uma comunicação *Sobre a relatividade restrita* ⁽⁶³⁾. Este professor que incluiu a Relatividade como um dos temas a ser tratado no seu curso de Física Matemática, escreveu, no seguimento de um curso ministrado no Núcleo de Matemática, Física e Química, o primeiro manual científico publicado em Portugal sobre a Relatividade Restrita ⁽⁶⁴⁾. Ao capítulo introdutório, onde é manifesta a preocupação do autor em discorrer sobre as ideias filosóficas subjacentes à construção de uma teoria física, assumindo-se no campo do neopositivismo ⁽⁶⁵⁾, sucedem-se os capítulos que tratam dos temas seguintes: As equações fundamentais da electrodinâmica e o seu grupo de invariância; o Tempo em Relatividade; Relação entre dois referenciais de Einstein; A cinemática relativista. Nas citações há uma preferência particular por Reichenbach ⁽⁶⁶⁾, conhecido filósofo neopositivista. Rui Luís Gomes, a par de outros homens de ciência, é um dos nomes que constará nos escaparates das revistas culturais quer como polemista quer como divulgador. É também a este matemático, professor da Universidade do Porto, que se ficará a dever, já na década de quarenta, na Faculdade de Ciências desta universidade, a criação do Seminário de Física Teórica que

⁽⁶²⁾ Foi afastado compulsivamente da universidade portuguesa em 1947, sendo reintegrado após o 25 de Abril de 1974.

⁽⁶³⁾ GOMES, Rui Luís 1935, *Sur la déduction des Formules de Lorentz*, Rendiconti della Real Academia dei Lincei, vol. XXI, série 6ª, 1ªsem., p. 433.

⁽⁶⁴⁾ GOMES, Rui Luís, 1938, *Teoria da Relatividade Restrita*, Lisboa, Publicações do Núcleo de Matemática, Física e Química.

⁽⁶⁵⁾ FITAS, A. J., Marcial. E. Rodrigues, M. Fátima Nunes, 2000, *A Filosofia da Ciência no Portugal do século XX*, in Pedro Calafate (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, (vol. 5, tomo II), Lisboa, Editorial Caminho, 421-582.

⁽⁶⁶⁾ REICHENBACH, H., 1924, *Axiomatik der Relativistischen Raum, Zeit-Lehre*.

constituiu a primeira tentativa organizada do lançamento da Física Teórica na universidade portuguesa⁽⁶⁷⁾.

Embora se tenham feito referências a Manuel dos Reis como polemista e participante nos seminários do Instituto do Rádio em Coimbra, é importante destacar que a sua obra maior sobre a Relatividade foi apresentada na sua dissertação ao concurso para professor catedrático da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra e publicada em 1933⁽⁶⁸⁾. *O Problema da Gravitação Universal*, assim se designa esta monografia, um trabalho que inclui uma história das teorias da gravitação desde Newton a Einstein, sendo, segundo alguns autores, *o livro mais completo que se escreveu em Portugal sobre a Relatividade e a gravitação* (GAGEAN, 1991, 504) e talvez o único feito até hoje por um autor português. Neste trabalho a maioria das referências utilizadas são em língua alemã, mostrando o autor que está a par dos principais textos de revisão publicados neste idioma⁽⁶⁹⁾.

Por último, e também um trabalho claramente individual e sem continuidade, o artigo já citado de Melo e Simas que pode ser considerado o resultado de uma tentativa singular de investigação, no domínio da observação astronómica, dos efeitos da Relatividade Geral.

7. A Imprensa Cultural e as ideias relativistas

No início chamou-se a atenção para o facto de ter sido na vertente filosófica que as intervenções sobre a Teoria da Relatividade mais se fizeram sentir na vida cultural portuguesa. Foi o que aconteceu com *O Diabo*, jornal que se publicou entre 1934 e 1940 e que tinha um pendor claramente artístico-literário, embora se assumisse como *tribuna elevada de crítica à vida do Pensamento Português*⁽⁷⁰⁾. Contou, entre os seus colaboradores, com alguns cientistas

⁽⁶⁷⁾ FITAS, A.J., e António A. P. Videira, 2004, *As Primícias da Física Teórica em Portugal: Uma Aventura com um Final Triste*, in Fitas, A.J., e António A. P. Videira (org.), *Cartas entre Guido Beck e Cientistas Portugueses*, Lisboa, Instituto Piaget.

⁽⁶⁸⁾ REIS, Manuel dos, 1933, «*O Problema da Gravitação Universal*», Coimbra.

⁽⁶⁹⁾ A título de exemplo: G.Beck, *Allgemeine Relativitätstheorie*, in *Handbuch der Physik, Band IV, Berlin, 1929*

⁽⁷⁰⁾ ROCHA, Clara Crabbé, 1985, *Revistas Literárias do Século XX em Portugal*, Lisboa, Imprensa Nacional/Casa da Moeda, p. 651.

conhecidos, Aurélio Quintanilha, Bento de Jesus Caraça, Manuel Valadares, Abel Salazar e Rui Luís Gomes. *O Diabo*, cujo director, a partir de 1935, foi Rodrigues Lapa, estava atento ao que se passava no mundo científico da Europa conturbada desse período e, em 1936, publicou um artigo de um autor francês sobre os cientistas que abandonaram ou foram forçados a abandonar a Alemanha. Três meses depois inicia a publicação de um conjunto de artigos sobre o neopositivismo, cerca de cinquenta, que constituiu uma espécie de curso introdutório à filosofia da Escola de Viena, o «Pensamento Positivo Contemporâneo»⁽⁷¹⁾, da autoria do professor universitário portuense Abel Salazar⁽⁷²⁾. Temas muito caros à física contemporânea passam a surgir como grandes títulos das páginas deste jornal: «Simultaneidade, Causalidade e Complementaridade» (VIII), «Os precursores: Lobatchewsky, Riemann: as geometrias não-euclidianas e a sua significação filosófica» (XII); «A Relatividade restrita de Einstein» (XVI); «De como um elevador, um arranha-céus, vai introduzir o leitor na Teoria Geral da Relatividade» (XVII)... Os títulos são muito sugestivos do esforço desenvolvido para dar a conhecer alguns problemas capitais da física contemporânea, um esforço nem sempre bem entendido e, diga-se em abono da verdade, muito pouco conseguido. O objectivo de Abel Salazar era expor ao público desconhecedor da matemática as linhas gerais da nova teoria e é o seu proselitismo filosófico em torno das ideias da Escola de Viena que o levaram a encetar uma campanha de vulgarização de conceitos científicos. Procurou expor os conceitos relativistas, enquanto tema necessário ao debate filosófico-cultural, acentuando o carácter progressivo das conquistas científicas. É dentro desta orientação que este jornal publicou, em 1938 e sob guião de Abel Salazar, um conjunto de entrevistas, feitas em Paris por Jaime Brasil, a alguns vultos da ciência francesa, como é o caso de Paul Langevin (FITAS, 2003, 206). Ainda neste ano, Rui Luís Gomes publicou nas suas páginas um artigo sobre *O Tempo* e Bento de Jesus Caraça, no último número do ano de 1938, apresenta uma cuidada recensão crítica ao livro de Einstein e Infeld *A Evolução da Física*⁽⁷³⁾ através da sua edição francesa.

(71) SALAZAR, Abel, 1936, *Pensamento Positivo Contemporâneo - I*, *O Diabo*, 114

(72) Professor da Faculdade de Medicina do Porto, artista plástico reconhecido, foi, por razões políticas, afastado compulsivamente da sua cátedra em 1935.

(73) A edição original, em língua inglesa, é de 1938 (*The Evolution of Physics*, Simon & Schuster, Nova Iorque); a francesa é do mesmo ano (*L'Évolution des Idées en Physique*, Flammarion, Paris). A edição portuguesa (*A Evolução da Física*, Livros do Brasil, Lisboa, s.d.) só virá a acontecer, salvo erro, em meados da década de cinquenta.

Da mesma preocupação, ou do mesmo objectivo de *O Diabo*, comunicava o jornal portuense *Sol Nascente*⁽⁷⁴⁾, onde Rui Luís Gomes publicou o trabalho *Introdução à Teoria da Relatividade Restrita*⁽⁷⁵⁾, texto onde sobressaem as preocupações filosóficas do autor. Este trabalho constitui o já falado capítulo introdutório da obra publicada pelo o Núcleo de Física, Matemática e Química a que já se fez alusão.

Em 1930, na *Seara Nova*, sob pretexto da conferência de Langevin, esgrimiram-se opiniões anti e pró relativistas através das penas, respectivamente, de Gago Coutinho e Manuel dos Reis. E, em 1937, a história repete-se, o Almirante volta à carga: *Julgava eu, pois, que não teria de voltar a atacá-la (a Relatividade); mas o facto de há meses se ter apresentado em Lisboa um professor universitário a fazer conferências sobre a Relatividade Restrita – como há anos fez o professor Langevin – provou-me que a chamada Mecânica Nova ainda conserva adeptos (...)* (COUTINHO, 1937, 118)⁽⁷⁶⁾. A citação inicia um conjunto de artigos⁽⁷⁷⁾ onde a contestação à teoria da relatividade é a questão central, sendo a sua causa próxima as lições proferidas por Rui Luís Gomes no Instituto Superior Técnico, inseridas na actividade do Núcleo de Matemática, Física e Química. Reage aos escritos anti-relativistas o próprio Núcleo, fazendo publicar na *Seara Nova* uma nota onde dá a conhecer que o artigo em causa terá a resposta devida de Rui Luís Gomes (a própria revista o convidou a fazer) e crítica, de uma forma breve, as opiniões expendidas pelo seu autor⁽⁷⁸⁾. A nota merece um comentário de Gago Coutinho, onde, entre outros considerandos, reitera que *os princípios matemáticos e a introdução à física, dos liceus, são bases mais do que suficientes para se poder comparar a Realidade com os interessantes paradoxos da Relatividade Restrita*⁽⁷⁹⁾. Rui

⁽⁷⁴⁾ Revista com periodicidade quinzenal e publicada entre 1937 e 1940.

⁽⁷⁵⁾ GOMES, Rui Luís, 1938 e 1939, *Introdução à Teoria da Relatividade Restrita*, Sol Nascente, n^{os} 32 e 33, pp 2-3 e 11.

⁽⁷⁶⁾ COUTINHO, Gago, 1937, *Mecânica Clássica e Mecânica Relativista*, Seara Nova, 534, 118-121; o professor a que se refere é Rui Luís Gomes.

⁽⁷⁷⁾ COUTINHO, Gago, 1937, *Mecânica Clássica e Mecânica Relativista*, Seara Nova, n^{os} 534, 535, 536, 537, 1937. Pode ler-se no final do artigo: «*PS- Desenvolvimento dum artigo de vulgarização publicado no Jornal do Brasil em 1934*».

⁽⁷⁸⁾ Núcleo de Matemática, Física e Química, 1937, *Mecânica Clássica e Mecânica Relativista*, 539, p. 235.

⁽⁷⁹⁾ COUTINHO, Gago, 1937, *Mecânica Clássica e Mecânica Relativista*, 540.

Luís Gomes responde num artigo⁽⁸⁰⁾, onde, a abrir, se pode ler: *Como o Senhor Almirante Gago Coutinho tivesse manifestado o desejo de que fizéssemos a análise dos quatro artigos que publicou nesta revista (...) pareceu-nos aconselhável o enquadrar as nossas considerações numa exposição, embora rápida, dos pontos precisamente mais importantes da célebre teoria de Einstein (...)* (GOMES, 1938, 283). Repete-se o que se passara com Manuel dos Reis, só que o debate se estende por dez números⁽⁸¹⁾ e ao longo de quatro meses, vendo-se a revista obrigada a pôr-lhe um ponto final⁽⁸²⁾. O impacto desta polémica leva a que a *Seara Nova* promova edições próprias, em livro, dos textos dos dois contendores.

8. Notas finais

Em 1923 Albert Einstein esteve na vizinha Espanha⁽⁸³⁾, proferindo conferências científicas nas cidades de Barcelona, Saragoça e Madrid, sendo, ao mesmo tempo, alvo de uma deferência especial dos poderes públicos; em 1925, numa viagem à América Latina, onde visitou o Brasil, a Argentina e o

(80) GOMES, Rui Luís, 1938, *A Relatividade, Origem, evolução e tendências actuais*, Seara Nova, n.ºs 541, 543, 545, 547, 550, 553. Estes artigos foram posteriormente editados num opúsculo pela própria Seara Nova.

(81) COUTINHO, Gago, 1938, *Questões científicas do nosso tempo. A relatividade examinada por um observador exterior*, Seara Nova, 593, 217-219; GOMES, Rui Luís, 1938 e 1939, *Resposta do Prof. Rui Luís Gomes ao Almirante Gago Coutinho*, Seara Nova, 593 e 599, pp. 220-221 e 348-350; COUTINHO, Gago, 1939, *A relatividade, perante o observador exterior*, Seara Nova, 601, 13.

(82) A propósito desta polémica cite-se um outro testemunho: «*Houve então no núcleo quem se insurgisse contra o acolhimento dado pela Seara a esses artigos: “É preciso escrever uma carta ao Sérgio”, dizia um dos meus camaradas. Se escreveram —já não me recordo—eu não assinei... nem fiquei com cópia. A propósito, Rui Gomes, um colaborador do Núcleo, publicou pouco depois na Seara uns artigos (...) Sérgio (...) disse-me: “Não considero esses artigos como uma resposta, porque o autor não rebate o almirante com os seus próprios exemplos” (...)*» (SILVEIRA, António da, 1976, *Recordando António Sérgio*, in *Homenagem a António Sérgio*, Lisboa, Academia das Ciências de Lisboa-Instituto de Altos Estudos, p.24).

(83) A iniciativa desta visita foi estabelecida por contactos directos entre cientistas espanhóis (Terradas e Rey Pastor) e o próprio Albert Einstein com o apoio do Ministério de Instrução Pública (GLICK, 1986, 62).

Uruguai, Einstein teve o único contacto com a terra portuguesa: o navio em que se deslocava fez escala em Lisboa, onde o famoso cientista aproveitou para dar um passeio, conhecendo-se algumas suas referências às *varinas de Lisboa* ⁽⁸⁴⁾. Einstein esteve em Espanha, aqui ao lado, mas parece que, apesar dos contactos regulares com os colegas espanhóis – já em marcha os Congressos Luso-Espanhóis para o Progresso das Ciências –, nenhum professor português assistiu às suas conferências. É no quadro das debilíssimas ligações entre o meio científico universitário português e o resto da Europa, o marasmo da chamada «ciência oficial», que se deve compreender o que representaram as visitas dos cientistas estrangeiros, nomeadamente Plans y Freire e Langevin. Estas visitas vão ter uma influência decisiva no despertar do interesse da comunidade universitária pela Relatividade.

Levi-Civita, figura destacada na investigação sobre Relatividade Geral, aparece ligado, directa ou indirectamente, aos trabalhos de investigação sobre esta teoria realizados pelos matemáticos portugueses (A. Mira Fernandes e Rui L. Gomes). Uma ligação que pode ter origem na relação científica do matemático italiano com Francisco Gomes Teixeira ⁽⁸⁵⁾ e também com Plans y Freire ⁽⁸⁶⁾. Estas conexões, a par do prestígio internacional do professor da Universidade de Roma, permitiram a alguns matemáticos portugueses descobrir, não só tópicos de investigação, como também um veículo para a internacionalização do seu trabalho. Esta foi a forma de se superar o isolamento externo e a ausência de estímulo (ou marasmo) interno.

Marasmo que, a partir dos anos trinta, mercê dos jovens investigadores recém chegados de estágios em países europeus cientificamente mais desenvolvidos, começa a ser combatido ⁽⁸⁷⁾. É a tentativa *estrangeirada* de iniciar a prática da investigação científica como um dos atributos essenciais do ensino nas universidades portuguesas. Há uma relação forte entre o debate filosófico-

⁽⁸⁴⁾ CAFARELLI, Roberto Vergara, 1995, Einstein no Brasil, in Ildeu de Castro Moreira e Antonio Augusto Passos Videira (org.), Einstein e o Brasil, Rio de Janeiro, Editora UFRJ.

⁽⁸⁵⁾ Ver nota 4.

⁽⁸⁶⁾ Tuli Levi-Civita fez em Espanha (Janeiro-Fevereiro de 1921) várias conferências com o título geral de *Questões sobre a Mecânica Clássica e Relativista*; esta visita permitiu «consolidar os contactos entre matemáticos espanhóis e italianos» (GLICK, 1986, 122).

⁽⁸⁷⁾ FITAS, A.J., 2003, *Nota histórica sobre a Teoria da Relatividade em Portugal nos anos trinta*, in *Seminário sobre Ciência em Portugal na primeira metade do século XX*, Évora, Universidade de Évora.

cultural estabelecido sobre a nova teoria e a agitação que atingia os sectores mais inquietos e iconoclastas do meio universitário. Destaque-se, de uma forma marcante, o papel desempenhado pelas revistas de intervenção cívica na difusão cultural e filosófica da nova teoria, transportando as suas ideias para lá do meio académico.

EINSTEIN EM PORTUGAL:
O PRIMEIRO TESTE DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL
E O SEU IMPACTO NA COMUNIDADE CIENTÍFICA NACIONAL

Elsa Mota^(); Ana Simões^(*); Paulo Crawford^(**)*

Introdução

Em Novembro de 1915, após vários anos de tentativas infrutíferas, Albert Einstein obteve as equações do campo gravítico geralmente covariantes – a teoria da relatividade geral (TRG) – e mostrou que a solução esfericamente simétrica destas equações explica a anomalia da precessão da órbita de Mercúrio.

O grande triunfo da TRG teve lugar após a observação do encurvamento dos raios luminosos, durante o eclipse de 29 de Maio de 1919, realizada por Arthur Stanley Eddington (1882-1944), no Príncipe, e Andrew Crommelin, em Sobral, no Brasil. Quando, em Novembro, é anunciado em Londres que estas medidas confirmavam as previsões da TRG,⁽¹⁾ Einstein é aclamado como o génio que destronou Newton. Torna-se de um dia para o outro, aos olhos da opinião pública, no maior e mais famoso cientista de sempre, com a popularidade de uma estrela de cinema, cujas opiniões científicas, políticas ou morais passam a ser escutadas com respeito e admiração. E Einstein, que até

^(*) Centro de História das Ciências – Universidade de Lisboa

^(**) Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa

⁽¹⁾ F. W. Dyson, A. Eddington e C. Davidson, “A Determination of the Deflection of Light by the Sun’s Gravitational Field”, *Royal Society of London. Philosophical Transactions A* 220 (1920), 291-333.

então tinha tido um envolvimento político relativamente discreto, usa a sua celebridade, nos anos que se seguem, na defesa de várias causas que lhe eram caras como o pacifismo, o sionismo, a luta contra o racismo e o desarmamento nuclear.⁽²⁾

Se a recepção da teoria da relatividade, nas suas versões restrita e geral, tem recebido grande atenção da parte da comunidade internacional de historiadores da ciência,⁽³⁾ o caso português tem sido pouco estudado no contexto internacional.⁽⁴⁾ No plano nacional, este tópico tem recebido atenção principalmente no que concerne à recepção da teoria por parte da comunidade de matemáticos.⁽⁵⁾ Propomo-nos aqui contribuir para tornar conhecida uma outra faceta desta história. Com efeito, o impacto da observação do eclipse de 1919 e de outras actividades associadas à apropriação da “nova física” no nosso país, particularmente junto da comunidade astronómica portuguesa, está especialmente associado aos astrónomos do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL)⁽⁶⁾ e à preparação da expedição britânica à ilha do Príncipe.

Ciência à maneira de Einstein: Teorias de princípio

Num artigo em que reflecte sobre os métodos da física teórica e em que caracteriza afinal a sua maneira de fazer ciência, Einstein refere-se às chamadas «teorias de princípio», que postulam regras gerais a que todos os fenómenos devem obedecer, por oposição às teorias «construtivas», como a mecânica

⁽²⁾ A. Einstein, *Ideas and Opinions* (Nova Iorque: Three Rivers Press, n/d, publicado originalmente em 1954). Ver por exemplo F. Jerome, “Einstein, race, and the myth of the cultural icon,” *ISIS*, 95 (2004), 627-39.

⁽³⁾ Por exemplo consultar T. Glick, *The comparative reception of relativity* (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1988) e referências aí incluídas.

⁽⁴⁾ D. Lopes Gagean, M. Costa Leite, “General relativity and Portugal : a few pointers towards peripheral reception studies” in J. Eisenstaedt, A.J. Kox, orgs., *Studies in the History of General Relativity* (Boston: Birkhäuser, 1988), pp. 3-14.

⁽⁵⁾ A. J. Fitas, “A Teoria da Relatividade em Portugal no Período entre Guerras”, *Gazeta de Física*, 27 (2004), 4-10.

⁽⁶⁾ E. Mota, P. Crawford, A. Simões, “The appropriation of the ‘new physics’ in a European periphery. The impact of the light bending experimental test in the Portuguese context” in 1º Congresso Internacional da European Society for the History of Science, subordinado ao tema “Science in Europe-Europe in Science”, Maastricht, 4-6 Novembro 2004.

estatística.⁽⁷⁾ Na sua investigação recorre simultaneamente a experiências de pensamento, às quais aplica seguidamente os chamados «princípios» para depois extrair deles todas as suas consequências lógicas. Tanto nos trabalhos do *annus mirabilis* de 1905, entre os quais se encontra a formulação da teoria da relatividade restrita (TRR),⁽⁸⁾ como em trabalhos subsequentes, Einstein recorre constantemente a este tipo de abordagem, a imagem de marca da sua forma de fazer ciência.

Embora a TRR tenha estendido a relatividade do movimento às leis do electromagnetismo, ela não é compatível com a lei de gravitação de Newton. Segundo Newton, se a distribuição de matéria mudasse numa certa região do espaço, a alteração correspondente do campo gravitacional seria sentida instantaneamente em qualquer outra parte do Universo. Isto não só significava que poderíamos enviar sinais mais rápidos do que a luz, mas exigia também um tempo absoluto, abolido pela teoria da relatividade. Einstein estava consciente deste problema quando, no Outono de 1907, Johannes Stark lhe pediu para contribuir com um artigo de revisão sobre o princípio da relatividade para o *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*. Por essa mesma altura, Einstein começava também a ficar insatisfeito com a limitação da relatividade aos sistemas inerciais e ansiava por estendê-la a todos os observadores.

É então que Einstein, a trabalhar ainda na Repartição de Patentes de Berna, teve «o pensamento mais feliz» da sua vida, como recordou em mais do que uma ocasião.⁽⁹⁾ A igualdade entre massa inercial e massa gravitacional devia ser uma indicação da conexão íntima entre inércia e gravidade. Alguém que se encontre isolado numa caixa fechada não é capaz de distinguir se está em repouso num campo gravítico ou se está acelerado em sentido oposto numa nave espacial no espaço livre. A esta ligação entre movimento acelerado e gravidade, Einstein chamou «princípio da equivalência» (PE). Descreveria mais tarde esse momento admirável de descoberta na sua lição na

⁽⁷⁾ A. Einstein, “On the method of theoretical physics”, in *Ideas and Opinions*, op. cit. (2), 270-6.

⁽⁸⁾ J. Stachel, *O Annus Mirabilis de Albert Einstein* (Lisboa: Gradiva, 2005) contém a tradução dos artigos de 1905.

⁽⁹⁾ A. Einstein, “Grundgedanken und Methoden der Relativitätstheorie, in ihrer Entwicklung dargestellt”, in M. Janssen, R. Schulmann et. al., orgs., *Collected Papers* (Princeton: Princeton University Press, 2001), vol. 7. Artigo escrito para a *Nature* em 1920 e que nunca foi publicado.

Universidade de Quioto em 1922.⁽¹⁰⁾ Daí em diante Einstein passou a ligar o problema da gravidade com o problema da extensão da relatividade a todos os observadores. Publicará pela primeira vez as suas reflexões sobre a relação entre o princípio da relatividade e a gravitação no artigo de revisão de 1907, um dos seus trabalhos mais originais.⁽¹¹⁾ E só voltará a pensar nestes problemas em Praga, para onde vai em 1911.

Das experiências de pensamento aos testes observacionais

Einstein não foi o único físico a tentar conciliar uma teoria da gravitação com as ideias da teoria da relatividade. Em Agosto de 1913, fez uma avaliação das outras alternativas e compara-as com a teoria que está a construir, numa carta enviada a Erwin Finlay Freundlich, jovem astrónomo do Observatório de Berlim. Tinha chegado à conclusão de que a análise empírica dos poucos testes previstos era a única via para confirmar se a sua intuição estava fisicamente correcta, estando preparado para abandonar a sua teoria, e com ela os princípios em que assentava, se se verificasse uma contradição com as observações.⁽¹²⁾ Einstein retomara a construção da teoria da gravitação em Praga, em Abril de 1911, e previra então dois efeitos: o deslocamento gravitacional para o vermelho das riscas espectrais e o encurvamento dos raios luminosos.

Os contactos com Freundlich tinham começado nesse ano em Berlim, por intermédio de Leo W. Pollak, um astrónomo da Universidade de Praga, que revelou a Freundlich o desapontamento de Einstein com os astrónomos por não levarem a sério a sua proposta de medição do encurvamento da luz junto de um campo gravitacional. Freundlich decide corresponder de imediato às solicitações de Einstein e propõe-se fazer medidas da luz rasando o bordo de Júpiter, para verificar se era deflectida pela gravidade do planeta, tal

⁽¹⁰⁾ A. Einstein, "How I created the theory of relativity", traduzido para o inglês por Yoshimasa A. Ono in *Physics Today* (Agosto 1982), 45-47.

⁽¹¹⁾ A. Einstein, "Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen", *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, 4 (1907), 411-62. Realmente publicado em Janeiro 22, 1908. Correções no *Jahrbuch* 5 (1908), 98-99.

⁽¹²⁾ K. Hentschel, *Einstein Tower. An Intertexture of Dynamic Construction, Relativity Theory, and Astronomy* (Stanford: Stanford University Press, 1997).

como será mais tarde sugerido pelo astrónomo português Melo e Simas. Procurava assim uma confirmação experimental da teoria que não dependesse de um eclipse total do Sol. Este projecto falha mas Einstein escreve a Freundlich agradecendo os seus esforços e lamentando que a Natureza não tenha providenciado um planeta maior do que Júpiter.⁽¹³⁾ Freundlich escreve então a William Wallace Campbell (1826-1938) do Observatório Lick solicitando chapas de eclipses anteriores⁽¹⁴⁾. Mas essas fotografias, que não tinham em conta a luminosidade das estrelas de fundo mas sim o Sol, não permitiram tirar nenhuma conclusão.

Sabe-se hoje que, no caso da luz rasando o bordo do Sol, qualquer teoria da gravitação compatível com o PE prevê uma deflexão de $0,875''$. Mas na presença de um espaço curvo a deflexão é maior ($1,75''$), pelo que a teoria de Newton prevê $0,875''$. Um teste permite assim escolher a boa teoria da gravitação e nomeadamente distinguir entre a proposta einsteiniana e outras alternativas. Enquanto o valor $1,75''$ podia ser medido em 1915, ano em que Einstein publica a sua teoria da relatividade geral⁽¹⁵⁾ e prevê pela primeira vez este valor – o valor correcto para o desvio – não era então tecnicamente possível observar uma deflexão da ordem de $0,02''$, tal como a TRG previa no caso de Júpiter.

Na carta que Einstein envia a Freundlich, quando já se encontrava em Zurique, em Agosto de 1913, depois de um período de colaboração intensa com Marcel Grossmann, continua confiante: *Estou secretamente bastante convencido que os raios luminosos sofrem realmente deflexão*.⁽¹⁶⁾ Cerca de três anos depois, caberá a Eddington confirmar a deflexão durante um eclipse solar total.

⁽¹³⁾ Carta de Einstein a Freundlich in M. J. Klein, A.J. Kox, et al., orgs., *Collected Papers* (Princeton: Princeton University Press, 1993), vol. 5, doc. 336.

⁽¹⁴⁾ Freundlich para W.W. Campbell, 25 de Novembro, 1911, Arquivos Mary Lea Shane do Observatório Lick, Santa Cruz. A ideia de escrever a Campbell foi dada por C.D. Perrine, director do Observatório de Estado da Argentina, que foi por sua vez inspirado por Freundlich a levar a cabo uma expedição a um eclipse total do Sol no Brasil em 1912, mal sucedida devido ao mau tempo.

⁽¹⁵⁾ Einstein comunicou a sua TRG à Academia Prussiana das Ciências, em Berlim em 4, 18 e 25 de Novembro. Estes trabalhos foram depois editados na separata *Die Grundllage der allgemeinen Relativitätstheorie*, in *Annalen der Physik*, 49 (1916), pp. 769-822.

⁽¹⁶⁾ Carta de Einstein a Freundlich, meados de Agosto de 1913, in M. J. Klein, A.J. Kox, et al., orgs., *Collected Papers* (Princeton: Princeton University Press, 1993), vol. 5, doc. 468.

A aventura de um quaker

A Primeira Guerra Mundial dificultou a troca de informações entre cientistas. Porém, pouco depois de Einstein ter publicado o artigo sobre TRG, o astrônomo holandês Willem de Sitter (1872-1934) obtém uma cópia e envia-a a um jovem brilhante astrofísico inglês, capaz de entender as cogitações e os cálculos aí apresentados pelo físico alemão. Como teórico de raro talento, Eddington rapidamente reconhece a elegância, os fundamentos lógicos e o potencial da nova teoria e aposta na disseminação das ideias de Einstein não só na Grã-Bretanha como nos Estados Unidos da América.⁽¹⁷⁾ Prepara um trabalho intitulado *Report on the Relativity Theory of Gravitation*, que publica em Londres em 1918.⁽¹⁸⁾

Em Março de 1917, o astrônomo real britânico, Sir Frank Dyson, chamou a atenção para o eclipse total previsto para Maio de 1919, assinalando tratar-se de uma excelente oportunidade para testar a TRG, pois o Sol teria como fundo a constelação das Híadas, muito rica em estrelas brilhantes.

Nesse mesmo ano, o governo britânico aumenta a idade máxima de mobilização para os 35 anos, numa tentativa de resposta ao esforço de guerra. Eddington era um quaker e, tal como Einstein, um pacifista. Então com 34 anos, vê-se na iminência de ser mobilizado a qualquer momento. Sendo um objector de consciência por motivos religiosos,⁽¹⁹⁾ ficaria sujeito à prisão se recusasse alistar-se, situação que representaria um grave problema para os responsáveis do Trinity College, para o Observatório de Greenwich e para a ciência britânica. Ao fim de três entrevistas e após a intervenção de Dyson, testemunhando a importância de Eddington para uma das expedições que se estavam a organizar para observar o eclipse, a isenção requerida por Eddington foi finalmente concedida a 11 de Julho de 1918 e os preparativos das duas expedições britânicas iniciam-se após o armistício de Novembro.

A 8 de Março de 1919, cerca de quatro meses após terminarem as hostilidades, as duas expedições largam do porto de Liverpool a bordo do H.S.M.

⁽¹⁷⁾ A. Warwick, "Through the convex looking glass. A.S. Eddington and the Cambridge reception of Einstein's General Theory of Relativity" in *Masters of Theory. Cambridge and the rise of mathematical physics* (Chicago: The University of Chicago Press, 2003), pp. 443-500.

⁽¹⁸⁾ A. Eddington, *Report on the Relativity Theory of Gravitation* (Londres: Fleetway Press Ltd., 1918)

⁽¹⁹⁾ M. Stanley, "'An Expedition to heal the wounds of war'. The 1919 eclipse and Eddington as Quaker adventurer", *ISIS*, 94 (2003), 57-89.

Anselm e dirigem-se à ilha da Madeira. Aí separam-se. A equipa que se dirigia ao nordeste brasileiro, liderada por Crommelin, do Observatório de Greenwich, continua a bordo do Anselm, chegando ao Pará a 23 de Março. A equipa de Eddington permaneceu no Funchal várias semanas a aguardar transporte. A 3 de Abril embarcam finalmente no cargueiro *Portugal*, da Companhia Nacional de Navegação, em direcção ao Príncipe, situado um grau acima do equador. A 23 de Abril, entram no pequeno porto de S. António.

Nos preparativos para a expedição ao Príncipe, a Royal Society of London estabeleceu contactos prévios com a Sociedade de Geografia de Lisboa (SGL) e com o OAL. A participação do OAL passou muito especificamente pelo controlo de alguns aspectos de ordem logística, como atesta a descoberta recente, no seu espólio documental, da correspondência trocada entre Eddington e os então director e subdirector do observatório, Vice-Almirante Campos Rodrigues e coronel Frederico Oom, respectivamente.⁽²⁰⁾ No contacto estabelecido, Eddington e a sua equipa tentaram garantir o apoio das autoridades da ilha, auxílio na marcação das viagens de vapor, uma possível presença de intérpretes bem como informações sobre recursos materiais e humanos de que poderiam dispor na sua estada na ilha.

O sucesso da expedição foi, do ponto de vista de Einstein, total. Os valores observados no Príncipe foram $1,6'' \pm 0,3$, e no Sobral $1,98'' \pm 0,12$, intervalos compatíveis com o valor previsto ($1,75''$).⁽²¹⁾ Porém, quando a equipa do Príncipe revelou as primeiras chapas fotográficas apanhou um susto – as primeiras 10 não apresentavam nenhuma estrela e, das restantes 6, duas tinham 5 estrelas cada, o número mínimo necessário para obter um resultado aceitável. Chapas para comparação das posições das estrelas tinham sido tiradas em Oxford alguns meses antes, mostrando o mesmo campo de estrelas, incluindo as Híades e outras estrelas no Touro. Para Eddington, o momento em que mediu a imagem de uma estrela e verificou que a gravidade do Sol tinha encurvado o espaço através do qual a luz tinha viajado, foi o maior momento da sua vida. Imediatamente, envia um telegrama para Inglaterra: *Through clouds, hopeful. Eddington*. Mais tarde haveria de recordar estes momentos, em termos poéticos que nos abstermos de traduzir:

⁽²⁰⁾ Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa. Ref. C-240 (1918/1919): Correspondência Eddington/OAL.

⁽²¹⁾ A. M. Nunes dos Santos, C. Aurretta, *Eddington e Einstein* (Lisboa: Gradiva, 1992).

Our shadow-box takes up all our attention. There is a marvelous spectacle above, and, as the photographs afterwards revealed, a wonderful prominence-flame is poised a hundred thousand miles above the surface of the sun. We have no time to snatch a glance at it. We are conscious only of the weird half-light of the landscape and the hush of nature, broken by the calls of the observers, and the beat of the metronome ticking out the 302 seconds of totality.⁽²²⁾

Os resultados destas observações foram confirmados por Eddington e Dyson na célebre reunião conjunta da Royal Society of London e da Royal Astronomical Society, de 6 de Novembro de 1919, onde físicos e astrónomos tiveram a oportunidade de ouvir as palavras do patriarca J. J. Thomson, que presidiu à sessão:

Este é o resultado mais importante relacionado com a teoria da gravitação desde os tempos de Newton, e é adequado que seja anunciado numa reunião da Sociedade que tão identificada está com ele. Se se mantiver que os raciocínios de Einstein se confirmam - e acabam de sobreviver a dois testes muito severos ligados ao periélio de Mercúrio e ao presente eclipse - então esta teoria é um dos maiores monumentos do pensamento humano.⁽²³⁾

Devemos ter presente que as experiências dos eclipses, tal como grande parte da nova ciência, foram realizadas no limite das técnicas disponíveis. Só a partir dos anos 60, com técnicas de tempo de atraso como as de Shapiro ou o recurso a fontes de rádio que podem ser observadas sem esperar por um eclipse do Sol, foi possível reduzir o erro das observações e ficou demonstrado o encurvamento gravitacional da luz para além de qualquer dúvida razoável. Por isso se encontra amiúde na literatura a afirmação de que a lógica e a beleza da teoria de Einstein fizeram tanto para confirmar as observações de 1919 como as observações fizeram para confirmar a teoria. Mas, apesar das

⁽²²⁾ A. Eddington, *Space, Time and Gravitation : An Outline of the General Relativity Theory* (Nova Iorque : Harper & Row, reedição 1959, 1ª ed. 1920), p.115.

⁽²³⁾ J.J. Thomson, *The Observatory*, 42 (1919), 389-398.

controvérsias, os critérios utilizados por Eddington e Dyson foram considerados consistentes em trabalhos recentes.⁽²⁴⁾

Realizada a expedição, os astrónomos ingleses contactam uma última vez o observatório de Lisboa enviando, em Agosto de 1919, as ampliações em papel registadas no dia do eclipse,⁽²⁵⁾ em que se destaca a protuberância única observada e que tão discutida foi, na época, nas revistas científicas. Curiosamente nenhuma informação relativa a esta expedição aparece nos jornais ou revistas portuguesas no período que se segue, para além de uma notícia breve, a 15 de Novembro no jornal *O Século*, sobre a reunião conjunta da Royal Society e da Astronomical Society.

Astronomia versus Astrofísica: um novo papel para os eclipses solares

No último terço do século XIX, os astrónomos expandiram o seu objecto de estudo de tal forma que, para além da posição e do movimento dos corpos celestes, começaram a investigar a natureza física do Sol, planetas, estrelas ou até nebulosas e galáxias. Esta nova preocupação foi em grande parte uma consequência das novas tecnologias observacionais à disposição dos astrónomos. Estas incluíram a utilização de telescópios de acentuada luminosidade e fina resolução – os grandes reflectores –, a fotografia como ferramenta astronómica e, por último, a espectroscopia astronómica. Com o advento da “nova astronomia”, também designada astronomia física, astrofísica ou física solar, a fotografia e a espectroscopia passaram a integrar uma lista de técnicas à disposição das equipas de observadores de eclipses, focando-se o estudo do Sol nomeadamente na granulação da sua superfície e na periodicidade do ciclo das suas manchas.⁽²⁶⁾

⁽²⁴⁾ Stanley, “Expedition”, op. cit. (19); Peter Coles, “Einstein, Eddington and 1919 Eclipse”, e-print astro-ph/0102462 (2001). Opiniões contrárias foram expressas anteriormente em J. Earman, C. Glymour, “Relativity and eclipses : the British expeditions of 1919 and their predecessors,” *Historical Studies in the Physical Sciences*, 11 (1980), 49-85 e H. Collins, T. Pinch, *The Golem: What everyone should know about science* (Cambridge : Cambridge University Press, 1993).

⁽²⁵⁾ Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa. Ref. C-240 (1918/1919): Correspondência Eddington/OAL.

⁽²⁶⁾ Robert W. Smith, “Remaking Astronomy : Instruments and Practice in the Nineteenth and Twentieth Centuries” in Mary Jo Nye, ed., *The Cambridge History of Science* (Cambridge University Press, 2003), vol. 5, pp. 154-173.

Ao invés, do ponto de vista da astrometria e para os astrónomos tradicionais, nas rotinas anteriores a 1840, as observações de eclipses solares tinham outros objectivos. As medições de maior interesse prendiam-se com os momentos dos contactos do disco lunar com o disco solar, no começo e no final da totalidade. Estas medições permitiam refinar as estimativas das posições relativas da Terra, Lua e Sol e podiam ser usadas em cálculos de mecânica celeste. Absorvidos com os tempos de contacto na totalidade, os astrónomos não conseguiam debruçar-se simultaneamente sobre os fenómenos qualitativos associados às observações da coroa solar, às proeminências e até à análise da composição da atmosfera solar.

A partir do início do século XX, o interesse principal das observações de eclipses solares totais passou a pertencer fundamentalmente ao domínio da astrofísica. Este facto ajuda-nos a perceber a razão pela qual Frederico Oom (1864-1930), promovido a director do Observatório de Lisboa em 1920, nunca se referiu à ocorrência da expedição, dos seus objectivos e finalidades, apesar de ter sido um dos astrónomos portugueses que, entre 1917 e 1920, mais artigos de divulgação científica publicou, em revistas como *The Observatory* e *Astronomische Nachrichten*. Aliás, ele próprio foi activo participante na observação de outros eclipses.

De acordo com as novas linhas orientadoras da astronomia e dadas as limitações de equipamento astronómico do OAL, também se percebe a posição de Oom ao opor-se, desde 1905, à organização de expedições para observações de eclipses fora do território nacional. Num artigo escrito para *O Instituto*, a revista científica ligada à Universidade de Coimbra, defende que as expedições só se justificariam se o grupo de astrónomos tivesse a certeza de obter dados interessantes para a ciência, possuísse instrumentos caros somente úteis para esse fim e tivesse inventado processos novos para estas observações. Acrescenta ainda que os astrónomos não especializados nesta área e com escassos recursos apenas poderiam acompanhar estas expedições quando tendo lugar em território português, onde o dever de colaboração no estudo se impunha.⁽²⁷⁾

Estas considerações foram continuadas num outro artigo publicado na mesma revista em 1917, onde analisa as circunstâncias do eclipse do Sol de Maio de 1919 e refere que a trajectória da sombra atravessará, entre outros

⁽²⁷⁾ F. Oom, “O Futuro Eclipse”, *O Instituto* 52 (1905), 487-490.

locais, a Ilha do Príncipe. Prevê que esta ilha tem uma forte probabilidade de vir a ser escolhida como estação de observação do fenómeno, convida os astrónomos portugueses a estudarem as condições geográficas e climáticas que lhe estão associadas e apresenta os cálculos que fez para os tempos de contacto, para um ponto central da ilha.⁽²⁸⁾

Os astrónomos portugueses e a relatividade

Apesar das recomendações de Oom, o astrónomo Manuel Peres Júnior (1888-1968), na época director do Observatório Campos Rodrigues em Moçambique e mais tarde director do OAL, tentou acompanhar a expedição inglesa, mas sem êxito pois não conseguiu ultrapassar uma série de questões burocráticas.⁽²⁹⁾ O mesmo não sucedeu com a expedição ao Sobral, no Brasil, na qual um grupo de astrónomos brasileiros, chefiados por H. Morize (1860-1930), do Observatório do Rio de Janeiro, acompanhou os ingleses e realizou observações de física solar, tendo, por isso, objectivos distintos dos que motivavam a equipa britânica.⁽³⁰⁾ O contraste entre as reacções dos astrónomos brasileiros e portugueses não pode, contudo, ser justificado pelas razões habitualmente referidas na literatura que a partir da ausência de portugueses inferem o seu desinteresse por estas questões.

Goradas que foram as suas expectativas relativamente à participação na expedição, Peres Júnior veio a tornar-se um adepto das ideias relativistas. Em 1922, organiza o 20º Congresso da Associação da África do Sul para o Progresso da Ciência, em Lourenço Marques, e dirige a secção de Astronomia e Matemática. Na sua comunicação inaugural discute as relações entre astronomia e física e afirma: (...) *Como sabem, a principal confirmação dos pontos de vista de Einstein depende de observações astronómicas. (...) Portanto, no caminho do seu desenvolvimento a física chega a uma bifurcação; espera que*

⁽²⁸⁾ F. Oom, "O Eclipse Total do Sol em 29 de Maio de 1919 visível na Ilha do Príncipe", *O Instituto*, 64 (2) (1917), 97-98.

⁽²⁹⁾ Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa. Ref. C-463 (1915-1929): Correspondência M. Peres/Oom (OAL).

⁽³⁰⁾ I. Castro Moreira e A.A.P. Videira, org., *Einstein e o Brasil* (Rio de Janeiro: Editora URFJ, 1995).

a astronomia possa dizer qual dos dois caminhos deve seguir.⁽³¹⁾ Entre 1922 e 1923, escreve um opúsculo no qual discute a relatividade restrita e geral, segundo se depreende de manuscritos encontrados no Arquivo do OAL, mas, apesar da insistência de Oom, o livro nunca será publicado. Depois de 1930, corresponde-se com o almirante Gago Coutinho (1868-1959) e participa nas primeiras controvérsias envolvendo a teoria da relatividade. Opondo-se a Gago Coutinho, toma o lado dos relativistas em várias sessões da Academia das Ciências onde é apoiado por Santos Lucas.⁽³²⁾

Até aos finais dos anos 20, dois outros astrónomos participam na recepção da teoria da relatividade em Portugal – A. Ramos da Costa (1875-1939) e M. S. Melo e Simas (1870-1934). Ramos da Costa publica, em 1921 e 1923, dois pequenos livros sobre a teoria da relatividade.⁽³³⁾ Em 1924, apresenta num congresso internacional de matemática em Toronto um artigo intitulado *L'enseignement des mathématiques doit être orienté pour l'étude de la Relativité*.⁽³⁴⁾

Melo e Simas, oficial de artilharia e um dos principais astrónomos do OAL, perfilha as ideias da «Nova Física» nos anos 20 e 30. Publica um artigo sobre relatividade nos apêndices do Almanaque do observatório, em Julho de 1922, do qual destacamos as seguintes afirmações:

O nome de um alemão atrai neste momento as nossas simpatias e a admiração ou curiosidade de todo o mundo culto e não culto. (...) é certo ser a Astronomia das ciências que mais tem a utilizar da teoria da Relatividade, fornecendo-lhe, em troca, as melhores das suas confirmações.(...) Um raio de luz muda de direcção nas proximidades dum campo de gravitação. Isto é, a luz, em vez de se propagar em linha recta, descreve curvas dependentes dos campos de

⁽³¹⁾ Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa. Ref. C-463 (1915-1929): Correspondência M. Peres/Oom (OAL); M. Peres Júnior, "The role of Astronomy in the development of Science," *South African Journal of Science*, 19 (Dezembro 1922), 32-41, 41.

⁽³²⁾ Sessão da Classe de Ciências de 1 de Março de 1934, *Boletim da Academia de Ciências de Lisboa* (1934-35), 64-71; Sessão da Classe de Ciências de 24 de Janeiro de 1935, *Boletim da Academia de Ciências de Lisboa* (1934-35), 67-68.

⁽³³⁾ A. Ramos da Costa, *A Teoria da Relatividade* (Lisboa : Biblioteca Nacional, 1921); A. Ramos da Costa, *Espaço, Matéria, Tempo ou a Trilogia Einsteiniana* (Lisboa : Imprensa Lucas e C.a, 1923).

⁽³⁴⁾ O texto desta comunicação não foi encontrado.

gravitação que atravessa. Esta consequência foi verificada por ocasião do eclipse do Sol de 29 de Maio de 1919, e expedições se preparam para proceder à confirmação durante o próximo eclipse do Sol de Setembro de 1922.⁽³⁵⁾

Poucos meses depois, promove um ciclo de 13 conferências sobre a teoria da relatividade, que se inicia em Novembro de 1922 na Universidade Livre, em Lisboa, e conta, segundo os jornais da época, com grande afluência de público.

Pelo que sabemos, é o único astrónomo português a tentar acomodar os novos conhecimentos na sua prática científica. Assim, numa comunicação de 1924 à Academia das Ciências de Lisboa, descreve como, a propósito de um pedido feito pela *Astronomische Nachrichten*, tentou no OAL a observação da ocultação de uma estrela pelo planeta Júpiter, no dia 7 de Maio de 1923. E explica que:

O processo consistiu em determinar a posição relativa dos dois astros alguns minutos antes e depois da ocultação, por forma a que, partindo da posição de um deles, se pudesse calcular a do outro para certo e determinado momento, obtendo-se assim não só uma série de verificações, difíceis de alcançar por outra forma, mas ainda meios para deduzir os efeitos de qualquer influência na própria ocultação, quer provenientes da irradiação luminosa, quer da atmosfera do planeta, quer ainda de não se ter entrado no cálculo com a teoria da relatividade.⁽³⁶⁾

Mas é levado a concluir que embora os resultados revelem “uma certa tendência no sentido apontado pela teoria da relatividade,” os outros efeitos em acção produzem desvios no mesmo sentido, funcionando como obstáculos à verificação da teoria.

Reconhecemos que, tal como noutros países da Europa, também em Portugal a comunidade dos matemáticos desempenhou um papel importante na recepção da teoria, particularmente depois do I Congresso Luso-Espanhol para o Progresso da Ciência, em 1921, onde a teoria da relatividade foi apresentada aos matemáticos portugueses pelo matemático espanhol Plans y

⁽³⁵⁾ M.S. Melo e Simas, *Almanaques de 1924* (OAL, 1922), pp. 47-57.

⁽³⁶⁾ M.S. Melo e Simas, “Ocultação de uma estrela por Júpiter”, *Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais da Academia de Ciências de Lisboa* (1924), 115-122.

Freire.⁽³⁷⁾ Esta comunicação veio a inspirar um curso de Física-Matemática totalmente dedicado à teoria da relatividade, ministrado pelo catedrático Santos Lucas em 1922, na Faculdade de Ciências de Lisboa.

Embora os matemáticos tenham participado nas discussões teóricas até os anos 30, a importância da comunidade dos astrónomos na apropriação da relatividade não pode ser ignorada. Estes desempenharam, como se viu, um papel de relevo não só no que se refere à acomodação de novos argumentos mas também em termos das polémicas científicas em que se envolveram. Depois do curso de Santos Lucas, é sintomático que tenha sido um astrónomo e matemático, Manuel dos Reis (1900-1992) quem, em 1930, fez a apresentação mais completa da relatividade restrita e geral, escrita para as suas provas para professor catedrático na Universidade de Coimbra.⁽³⁸⁾ Intitulado *O problema da gravitação universal*, o texto descreve a história das teorias da gravitação de Newton a Einstein, e incorpora as novas ideias no contexto da física, contribuindo para facilitar a apropriação da relatividade pela comunidade nascente dos físicos.

Conclusões

Em Portugal, como noutros países, as reacções à teoria da relatividade variaram da adesão à resistência, qualquer uma destas envolvendo gradações no espaço e no tempo dependentes do perfil das personalidades envolvidas e das comunidades a que estas pertenciam. Sendo a teoria da relatividade uma teoria construída na interface da física, matemática e astronomia não admira que membros destas três culturas científicas reagissem a ela de maneira diferente e se apropriassem dela de modos também variados. Pretendeu-se aqui analisar as primeiras reacções dos astrónomos portugueses, um grupo até agora eclipsado do discurso histórico, perceber o contexto da astronomia portuguesa do início do século XX, as reacções à expedição de Eddington e as respostas à teoria da relatividade, geral ou restrita, propostas na sua sequência. Em suma, dar um contributo preliminar para o entendimento do processo de apropriação da relatividade pelo grupo de astrónomos portugueses.

⁽³⁷⁾ J.M. Plans y Freire, “Proceso histórico del cálculo diferencial absoluto y su importancia actual”, Madrid: Actas do 1º Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, 1921.

⁽³⁸⁾ Manuel dos Reis, *O Problema da Gravitação Universal* (Coimbra : Imprensa da Universidade, 1930).

MELO E SIMAS
O PORTUGUÊS QUE TESTOU EINSTEIN

Joaquim Fernandes (*)

Sabe-se que a abordagem inaugural dos princípios relativistas foi feita, entre nós, pela filosofia anti-positivista, de fundo espiritualista, de Leonardo Coimbra, a partir de 1912, na obra *O Criacionismo* - onde insere, pela primeira vez, as equações da Relatividade restrita - e nas páginas da revista portuense *Águia*, órgão da Renascença Portuguesa.

Uma experiência pioneira, bastante divulgada, considerada fulcral para a confirmação experimental de um dos postulados relativistas, teve lugar em 1919, por ocasião do eclipse solar total de 29 de Maio e mobilizou duas expedições de astrónomos britânicos: uma, seguiu para a localidade de Sobral, no Brasil, a outra instalou-se na ilha do Príncipe, então sob domínio português. Aqui, o chefe da missão, Sir Arthur Eddington, colega de Einstein, esperaria ver a seu lado colegas portugueses. Mas o único sinal da contrapartida lusitana haveria de ser dado pelo jornal *O Século*, de 24 desse mesmo mês, que noticiava na sua primeira página a deslocação dos cientistas ingleses à pequena ilha. A investigação, como se sabe, tratava de registar o eventual desvio da luz das estrelas por interposição do campo gravitacional do Sol. Apesar das más condições atmosféricas, os resultados foram considerados válidos, tal como os das observações brasileiras de Sobral, certificando uma das teses mais popularizadas do físico alemão.

(*) Universidade Fernando Pessoa.

A ausência dos astrónomos portugueses da campanha de observação do eclipse solar, de 1919, na Ilha do Príncipe foi, em parte, colmatada pelo trabalho, até hoje silenciado, do astrónomo Manuel Soares de Melo e Simas, ministro da Instrução Pública no governo chefiado por Ginestal Machado, em 1923.

Foi precisamente nesse mesmo ano, em 7 de Maio, no decurso da observação da ocultação da estrela «Washington 5478» pelo planeta Júpiter, que Melo e Simas, então subdirector do Observatório da Ajuda, ensaiou a comprovação das teses einsteinianas, procurando saber se *das posições do planeta relativamente à estrela de comparação, determinadas antes da imersão e depois da emersão, se notaria qualquer diferença que pudesse ser explicada pela teoria da relatividade*. Os resultados, não sendo indiscutíveis, revelaram ao astrónomo que essas divergências se teriam dado precisamente no sentido preconizado pelas teorias de Einstein. Ou seja, quatro anos depois, Melo e Simas compenhou o desinteresse dos seus pares, oficialmente mais responsáveis, em acompanhar a missão de Arthur Eddington à então colónia portuguesa.

Importa recordar que os impactos iniciais das ideias relativistas, antes e depois de Einstein, haviam já mobilizado cultores de diferente formação, entre filósofos, biólogos e matemáticos, com destaque para o pioneirismo do filósofo Leonardo Coimbra e do militante republicano Basílio Teles, ambos portuenses. A revista *Águia*, dirigida por Teixeira de Pascoaes acolhe, a partir de 1912, textos do primeiro que irão compor o essencial do seu livro “*O Criacionismo*”, onde transcreve pela primeira vez, entre nós, as equações da Relatividade restrita.

Decisiva para a consagração oficial das ideias de Einstein viria a ser o I Congresso da Associação Portuguesa para o Progresso da Ciência, celebrado em 1921, no Porto. Pela voz dos seus confrades espanhóis os nossos matemáticos começam, enfim, a prestar atenção às novas teorias sobre as dimensões do espaço e do tempo. A partir da década de 1930, a controvérsia entre partidários e adversários da Relatividade transfere-se para as revistas culturais da época, casos da *Seara Nova* ou do *Sol Nascente*, que acolher textos de Abel Salazar, Bento de Jesus Caraça, Ruy Luís Gomes, Gago Coutinho, entre outros, a pretexto das novas teorias, estimulando também a intervenção dos nossos físicos.

De uma forma indirecta, o nosso país ficou associado ao nome e às teses de Albert Einstein, mormente às etapas de verificação experimental de uma das suas hipóteses científicas, previstas no âmbito da Teoria da Relatividade: a curvatura da luz desviada pelo campo gravitacional de um corpo celeste.

DISSERTAÇÕES EINSTEINIANAS EM PORTUGAL (1911-1930)

Décio Ruivo Martins ^(*)

A repercussão dos trabalhos publicados por Einstein no *annus mirabilis* de 1905 não se fez sentir em Portugal, senão com algum atraso. Isto não significa, contudo que as descobertas e teorias científicas de finais do século XIX e início do século XX não fossem objecto de interesse da comunidade científica portuguesa. Pode mesmo afirmar-se que a Portugal chegavam as mais prestigiadas publicações internacionais. As primeiras experiências sobre os raios X e a sua aplicação no diagnóstico clínico foram feitas em Coimbra pouco mais de um mês depois do anúncio de sua descoberta. Em 1908 Egas Ferreira Pinto Basto, na sua dissertação sobre a *Theoria dos Electrões*, referia-se às descargas eléctricas produzidas pela acção da luz ultravioleta ou *efeito fotoeléctrico*. Neste trabalho Pinto Basto mostrava que conhecia os mais recentes estudos de Joseph John Thomson e Ernest Rutherford. No entanto, terá sido apenas em 1912 que foi feita a primeira referência à Teoria da Relatividade, num documento escrito por Leonardo Coimbra, tendo como referência um artigo publicado por Paul Langevin nesse mesmo ano. Alguns trabalhos sobre este assunto, apenas esparsamente publicados nos anos vinte, deixam transparecer uma notória indiferença inicial ao tema na comunidade científica portuguesa.

Para uma melhor compreensão das condições de receptividade dos novos conhecimentos científicos, e também do modo e importância como o

^(*) Departamento de Física e Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra.

tema da relatividade despontou em Portugal, convém que a análise seja inserida num contexto mais abrangente da produção científica portuguesa, particularmente na área da Física. Para isso, podemos tomar como referência as Faculdades de Filosofia e de Matemática da Universidade de Coimbra.

A Física em Coimbra até 1925

A produção científica em Portugal no início do século XX não atingiu o brilhantismo observado noutros países europeus. Contudo, as *viagens científicas* ao longo de toda a segunda metade do século XIX e início do século XX, realizadas pelos professores das Faculdades de Filosofia e de Matemática da Universidade de Coimbra, posteriormente Faculdade de Ciências, possibilitaram o contacto com os mais conceituados centros universitários europeus, tendo algum reflexo no ensino e na natureza dos temas abordados nas teses académicas. António dos Santos Viegas terá sido, entre os físicos portugueses, aquele que, ao longo de toda segunda metade do século XIX, mais contribuiu para promover o desenvolvimento do ensino e incentivar a produção científica de jovens licenciados. Este professor manteve-se ligado ao ensino da Física durante mais de cinquenta anos, durante os quais visitou várias universidades europeias. Sob a sua influência, o ensino experimental da Física teve um desenvolvimento considerável, traduzido quer pela qualidade e quantidade de instrumentos adquiridos, quer pelos programas das cadeiras do Curso de Filosofia. A notável colecção de instrumentos do Gabinete de Física Experimental é uma demonstração do grau de actualidade com que os diversos temas da ciência eram tratados no ensino. Este facto pode ser comprovado pelos programas de ensino elaborados por António dos Santos Viegas ⁽¹⁾ e António de Meireles Garrido ⁽²⁾ do ano académico de 1889 – 1890, ou os *Summarios das lições* de Henrique Teixeira Bastos do ano de 1906 ⁽³⁾. Mesmo assim, o nível de desenvolvimento do ensino desta disciplina esteve

⁽¹⁾ Programma da 3a cadeira de Physica, 1a parte, para o anno lectivo de 1889 a 1890. Coimbra : Impr. da Universidade, 1889.

⁽²⁾ Programma da 5a cadeira de Physica, 2a parte para o anno lectivo de 1889 a 1890. Coimbra : Impr. da Universidade, 1889.

⁽³⁾ Óptica e Electricidade. Summarios das lições Professor H. Teixeira Bastos. F. França Amado – Editor, 1906.

sempre aquém dos anseios dos respectivos professores. Com efeito, desde meados do século XIX começaram a surgir opiniões de o que o desenvolvimento observado na Física justificava que as suas diversas áreas de especialidade tivessem correspondência em disciplinas autónomas. Este foi, contudo, um desígnio não cumprido.

Por outro lado, considerando a complementaridade pedagógica da organização curricular das Faculdades de Filosofia e Matemática, verificou-se que para além das cadeiras de Física Experimental do Curso de Filosofia, também a Faculdade de Matemática contemplava o ensino teórico de algumas áreas da Física, através de cadeiras que constituíam as designadas *matemáticas mistas* ou ciências físico-matemáticas.⁽⁴⁾ Esta foi uma prática observada desde 1772, quando foram criadas as duas Faculdades.⁽⁵⁾ Esta organização curricular acabou por ter reflexos na reforma de 1911, que resultou na fusão das duas Faculdades, dando origem à Faculdade de Ciências. Pode dizer-se que, segundo a tradição do século XIX, as questões teóricas da Física eram tratadas pelos físico-matemáticos da Faculdade de Matemática. Daqui se justifica o facto dos matemáticos terem dado um maior relevo à Teoria da Relatividade, do que a importância que lhe foi atribuída pelos professores de Física⁽⁶⁾. Um exemplo é o da dissertação de concurso para professor catedrático do 2º grupo da 1ª secção da Faculdade de Ciências, subordinada ao tema *O Problema da Gravitação Universal*, submetida por Manuel dos Reis, em Fevereiro de 1933. Neste trabalho, após uma referência às ideias teóricas que, desde a antiguidade, contribuíram para os progressos da Astronomia e da Física, e que prepararam lentamente o aparecimento da teoria da gravitação de Newton, foi feito um tratamento breve das teorias da gravitação propostas desde Newton até à Teoria da Relatividade Restrita. Seguiu-se a análise das dificuldades da Física que estiveram na base da elaboração da teoria. Foi consagrado um capítulo à exposição das bases da Teoria da Relatividade Restrita e dos seus resultados. Também foi apresentada uma sistematização dos princípios da dinâmica analítica relativista dos sistemas de pontos materiais, seguindo-se as teorias da gravitação que apareceram sob a influência da Teoria da Relatividade especial, ou das que, como as de Lorentz e Poincaré, se adaptavam a esta teoria sem modificações essenciais. Por fim, o último capítulo da

⁽⁴⁾ MARTINS, Décio Ruivo (2001) p. 333 - 345.

⁽⁵⁾ MARTINS, Décio Ruivo (2000) p. 193 - 262.

⁽⁶⁾ FITAS, Augusto J. Santos - (2004). p. 5-6.

dissertação era dedicado à teoria da gravitação de Einstein. Para além de Manuel dos Reis, também Francisco Costa Lobo dedicou-se aos aspectos teóricos da Física, do que é exemplo o seu trabalho intitulado *Theories in Physics resulting from the Phenomena of Radioactivity*, publicado em 1931 na *Revista da Faculdade de Ciências*, artigo que viria posteriormente a ser contestado por Mário Silva e Egas Pinto Basto, num artigo publicado na mesma revista em 1932, com o título *La Theorie physique basée sur les phenomenes de radio-cativité, du Dr. F.M. da Costa Lobo*.

Apesar de não serem em grande número, podemos encontrar alguns trabalhos na área da Física e Química, que denotam, contudo, um acompanhamento actualizado do desenvolvimento da ciência no fim do século XIX e início do século XX. Com efeito, no ano de 1879 foi publicada no Porto uma obra póstuma da autoria de António Luiz Ferreira Girão, cujo título era *A Theoria dos Atomos e os Limites da Sciencia*. Este antigo estudante das *Faculdades de Mathematica* e de *Philosophia* da Universidade de Coimbra foi sócio correspondente da Academia Real das Ciências de Lisboa, Membro do Instituto Literário de Coimbra, lente de Química na Academia Politécnica do Porto e professor de Mineralogia no Instituto Industrial do Porto. No seu trabalho era feita referência à transmutação dos metais, estudos recentes sobre radicais compostos, fenómenos ópticos, dissociação dos gases a altas temperaturas e análise espectral dos corpos celestes.

O Congresso de Electricidade, reunido em Paris em Setembro de 1881, no qual Portugal foi representado por António dos Santos Viegas, teve por objectivo fundamental o estabelecimento da uniformidade das unidades eléctricas. O profundo conhecimento que este professor tinha da organização do ensino universitário em vários países da Europa e o contacto que estabeleceu com cientistas de grande prestígio reflectiu-se no ensino e na qualidade científica das teses e dissertações submetidas à Faculdade, principalmente na área da Física. Em Maio de 1884 Henrique Teixeira Bastos apresentou uma dissertação inaugural para o acto de Conclusões Magnas integralmente dedicada à definição de um sistema racional de unidades eléctricas e definição de padrões eléctricos de resistência e de força electromotriz. Em Fevereiro do ano seguinte, submeteu a sua dissertação de concurso apresentada à *Faculdade de Philosophia* sobre a *Theoria Electromagnetica da Luz*. No dia 3 de Julho de 1886, foram analisadas e aprovadas as *Theses e Dissertação Inaugural* submetidas por Aarão Ferreira de Lacerda. A dissertação inaugural era subordinada ao título *Equações Geraes da Thermodynamica* e foi defen-

dida no dia 30 de Outubro de 1886 perante um júri presidido por António dos Santos Viegas. Em 1896 Teixeira Bastos publicou um artigo na revista científica *O Instituto*, onde anunciava as mais recentes descobertas relativas aos raios de Röntgen. Em Fevereiro de 1896, pouco mais de um mês depois da descoberta dos raios X, fizeram-se as primeiras experiências em Coimbra. No dia 1 de Março de 1896, o jornal *O Século* publicou na primeira página um extenso artigo intitulado *A Photographia através dos corpos opacos*, onde se dava uma notícia das primeiras experiências feitas em Portugal. Desde o princípio da década de 1850 que a experimentação em descargas eléctricas em gases e o estudo de espectros de emissão interessou os professores de Física Experimental. Este facto explica a existência dos recursos necessários para a realização imediata das experiências. A quase totalidade do equipamento utilizado em Fevereiro de 1896 nas primeiras experiências dos raios X tinha sido adquirida em 1872, isto é, 24 anos antes. Parte deste valioso espólio ainda existe no Museu de Física. Ainda durante o mês de Fevereiro foram feitos ensaios de utilização dos raios X no diagnóstico clínico.

Nos anos de 1896 e 1897 intensificaram-se os estudos sobre os raios catódicos e os raios X no Gabinete de Física de Coimbra. Em Maio de 1897 o licenciado em *Philosophia Natural* Álvaro José da Silva Basto submeteu a dissertação inaugural para o acto de conclusões magnas na *Faculdade de Philosophia* intitulada *Os raios cathódicos e os raios X de Röntgen*. Silva Basto começava por se referir aos estudos experimentais de descargas eléctricas em gases, descrevendo pormenorizadamente a aparência das descargas em diversas condições, métodos de preparação das descargas, seguindo-se o estudo experimental dos raios catódicos e descrição do estado eléctrico dos tubos de descarga. Sobre as propriedades dos raios catódicos, referia-se às suas acções luminescentes, acções químicas e fotográficas, mecânicas, caloríficas e acções eléctricas. Estudou a acção de um campo magnético e de um campo electrostático sobre os raios catódicos. Estudos sobre a propagação no interior do tubo, determinação da velocidade, reflexão e transparência, propagação no exterior do tubo (experiências de Lenard) também eram contemplados na sua dissertação. A parte referente aos raios de Röntgen iniciava-se com um estudo sobre as suas propriedades ópticas, seguindo-se experiências sobre acções luminescentes e fotográficas, acções eléctricas e o estudo comparativo com outras radiações novas como os raios de Bequerel. Depois de um capítulo dedicado aos modelos teóricos explicativos da natureza dos raios X, desenvolveu o estudo das técnicas de produção e de aplicação. Entre a

extensa bibliografia publicada na Europa e nos Estados Unidos, referenciada na tese defendida em Coimbra, merecem destaque especial pela sua actualidade as comunicações apresentadas na Academia das Ciências de Paris por Perrigot, no dia 20 de Abril de 1897, publicada no *Compte Rendus* (p. 857), por Gustav Le Bom, em 26 de Abril (p. 892), e de Henri Bequerel, datada de 10 de Maio do mesmo ano (p. 984). Se considerarmos que Silva Basto concluiu a redacção da sua dissertação em Maio desse ano, conclui-se que a última comunicação foi apresentada em Paris cerca de vinte dias antes de concluir o seu estudo!

O final do século XIX e o início do século XX ficou assinalado na Faculdade de Filosofia pela introdução dos estudos experimentais mais recentes sobre a constituição atómica da matéria. Na verdade, em 1908 foi apresentada a dissertação inaugural para o acto de Conclusões Magnas na secção de *Sciencias Physico-chimicas* da *Faculdade de Philosophia*, da autoria de Egas Ferreira Pinto Basto. No mesmo ano submeteu uma nova dissertação para o concurso ao magistério na primeira secção da *Faculdade de Philosophia Natural*, a qual era uma continuação do seu estudo sobre a *Theoria dos Electrões*. Este trabalho é bem elucidativo da actualidade com que alguns assuntos da Física Moderna eram tratados em Coimbra. Na primeira parte da sua dissertação, Pinto Basto referia-se ao estudo experimental dos raios catódicos, incluindo a sua produção e propriedades, natureza dos raios catódicos, determinação da velocidade dos raios catódicos e do valor e/m . No capítulo dedicado ao estudo experimental da ionização dos gases fazia referência às descargas eléctricas produzidas pela acção da luz ultravioleta ou *efeito fotoeléctrico*, ao estudo experimental dos raios canais e determinação da carga e massa dos iões. Um capítulo era dedicado às radiações emitidas pelas substâncias radioactivas, referindo-se às propriedades dos raios α , β e γ . A segunda parte do seu trabalho iniciava-se com o estudo do fenómeno de Zeeman, constituição do átomo, teorias sobre a condutibilidade metálica, referindo-se aos efeitos de Peltier e de Hall, arranjo dos electrões no átomo de acordo com os resultados experimentais, referindo-se ao modelo do japonês Nagaoka (1903), do qual tomou conhecimento através de dois artigos publicados na revista *Nature*, em 25 de Fevereiro e 9 de Julho de 1904. A maior parte do trabalho tinha como referência os estudos mais recentes de Joseph John Thomson e Ernest Rutherford, analisando assuntos como a lei periódica, propriedades electroquímicas e valência, radioactividade, determinação do número de electrões existentes num átomo e a sua distribuição em anéis segundo o modelo

de Thomson, determinação das dimensões da esfera de electricidade positiva, origem da massa do átomo, etc.

Refira-se ainda que em 1906, João de Magalhães apresentou a sua tese de licenciatura subordinada ao tema *O Rádio e a Radioactividade*⁽⁷⁾. Sobre este assunto, o jovem licenciado viria a publicar, nos anos de 1906 e 1907, onze artigos no Instituto⁽⁸⁾. Alguns anos depois, ainda sobre os estudos experimentais das radiações ionizantes, o professor Souza Nazareth submeteu, em 1915, dissertação para o concurso de Segundo Assistente do 1º grupo da 2ª secção da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra subordinada ao tema *Ionização dos gases em vaso fechado*.⁽⁹⁾ Segundo Mário Silva, o seu antigo professor esteve muito próximo de descobrir uma partícula nuclear: o neutrão.

Um nome incontornável de notoriedade e actualização científica, resultante dos contactos com os mais prestigiados centros de investigação europeus da época, foi Mário Silva que se licenciou em 1922 e em 1925 partiu para Paris, onde ambicionava prosseguir os seus estudos e trabalhar no Instituto do Rádio, criado e dirigido por Marie Curie, tendo-se doutorado sob a sua orientação pela Universidade de Paris em 1928 com a menção: *très honorable*. Defendeu a tese intitulada *Recherches Expérimentales sur l'Électroaffinité des Gaz*, da qual foram júri três grandes cientistas franceses: Marie Curie (Presidente), Jean Perrin e Debierne. Na capital francesa estudou com matemáticos eminentes como Édouard Goursat, Jacques Hadamard e Émile Borel e com os famosos físicos Paul Langevin e Louis de Broglie. No Instituto do Rádio, Mário Silva conheceu pessoalmente Einstein, Niels Bohr, Lorentz, J. J. Thomson e Holweck, entre muitos outros cientistas. Entre os textos didácticos que publicou salientam-se os seguintes: *Mecânica Física* (princípios fundamentais) (Newton-Einstein), em 1945; *Teoria do Campo Electromagnético* (Maxwell-Lorentz-Einstein), em 1945; *O significado da Relatividade*, de Albert Einstein, em 1958, com uma «Explicação Prévia» do Prof. Mário Silva.

António dos Santos Viegas morreu em 1914, com 79 anos de idade. Quase até ao fim da sua vida manteve uma intensa actividade ligada ao ensino da Física Experimental. Destes factos, depreende-se que conseguiu, efectivamente, lançar as bases para uma actividade científica que não desmerecia em relação às descobertas mais recentes na área da Física. Os seus mais directos

⁽⁷⁾ MAGALHÃES, João de - (1906).

⁽⁸⁾ MAGALHÃES, João de - (1906 - 1907).

⁽⁹⁾ NAZARETH, Francisco Martins de Souza - (1915).

discípulos e aqueles que o sucederam no ensino deram continuidade ao seu projecto. Do ambiente científico que se vivia nas Faculdades de Filosofia e de Matemática, conclui-se que estavam reunidas as condições para que a Teoria da Relatividade pudesse ter sido abordada em Coimbra com o mesmo grau de actualidade com que outros temas foram tratados. A verdade é que só mais tardiamente começaram a aparecer as primeiras referências sobre este assunto. Talvez este facto se possa explicar pela avaliação pouco favorável feita por Costa Lobo a respeito da teoria de Einstein.

Dissertações einsteinianas (1911 – 1930)

Costa Lobo

Não são notados reflexos imediatos em Portugal no ensino das ciências físico-matemáticas em consequência dos trabalhos de Einstein. O artigo intitulado *Explicação Física da Atracção Universal* terá sido o primeiro texto da autoria de professores da Universidade de Coimbra contendo referências a Einstein e à Teoria da Relatividade Generalizada. Foi publicado por Costa Lobo no *Instituto* apenas em 1917, embora a teoria da gravitação tenha sido anteriormente objecto de uma comunicação sua num Congresso de Granada, em Junho de 1911, onde apresentou o tema – *As radiações e atracção newtoniana*. A teoria radiante que então expôs tinha por base a radioactividade, e a sua generalização a todos os fenómenos observados. Na comunicação de 1911, fazendo a classificação das radiações, Costa Lobo apresentou a seguinte doutrina:⁽¹⁰⁾

Por imponderáveis designo, e, creio com a maior propriedade, as radiações que produzem o fenómeno da gravidade, ou melhor, da atracção, que nunca deveria ser considerado como derivado de uma qualidade intrínseca da matéria, mas sim dever encontrar explicação na constituição do universo. Esta explicação deduzo-a do facto constatado da passagem da matéria para o estado radiante caracterizado por prodigiosas velocidades de translação, e da consideração da hipótese de num dado momento toda a matéria se encontrar neste estado, e da formação da matéria atômica como consequência dos choques dessas radiações.

⁽¹⁰⁾ LOBO, Costa – (1917). p. 611-613.

Segundo Costa Lobo, admitidos estes princípios, seria fácil chegar a uma explicação física da atracção universal. A matéria assim formada num dado lugar, além de ficar com as propriedades que resultavam do movimento das radiações que a produziram, constituiria uma enorme condensação de energia, a qual provocaria a correspondente reacção das radiações, que, segundo ele, exerciam sobre aquele centro de condensação um efeito análogo ao de uma pressão. Preconizava uma explicação física da atracção universal, fundamentada no princípio de que a acção não é instantânea, mas sim é transmitida com a velocidade da luz. Costa Lobo declarava, contudo que a sua teoria não concordava com a formulada por Einstein. No entanto, considerava que noutros aspectos havia uma concordância. Tendo como referência um artigo publicado por Einstein, em Novembro desse mesmo ano, no *Bulletin de la Société Astronomique de France*, Costa Lobo afirmou o seguinte:⁽¹¹⁾

Para melhor apreciar quanto a explicação que apresento diverge da doutrina de Einstein, transcrevo da tradução da sua memória original, publicada nos arquivos das ciências físicas e naturais de Genebra, reproduzida no Bulletin de la Société Astronomique de France de Novembro último, os seguintes períodos:

«Uma outra consequência da hypotese da equivalência – consequência de um alcance fundamental – encontra-se no facto de sofrerem os raios luminosos uma curvatura quando passam n'um campo gravítico. Por exemplo, quando um raio luminoso passa na vés-nhança do sol, a curvatura attinge 0",84, quantidade que não é inaccessible à experiência».

«Esta consequência arrasta a seguinte: a velocidade da luz n'um campo de gravitação não pode ser constante, deve variar com o lugar».

Comparando as datas da publicação do artigo de Einstein (Novembro de 1917), referido por Costa Lobo, e a do artigo publicado no volume 61 do Instituto (1917), conclui-se que o professor de Coimbra se mantinha ao corrente das mais recentes publicações internacionais na sua área de especialidade. Embora este brevíssimo artigo não seja conclusivo, Costa Lobo pretendeu fazer notar o modo como fundamentalmente a sua doutrina tinha

⁽¹¹⁾ LOBO, Costa - (1917). p. 613.

importantes pontos de contacto com a de Einstein sobre a constituição do Universo, *até ao ponto em que os novos conhecimentos permitiam chegar*. Mas a verdade é que não se mostrou entusiasmado pela Teoria da Relatividade, considerando-a uma doutrina interessante derivada por cálculos admiráveis, mas sem interesse para o mundo físico.⁽¹²⁾

Leonardo Coimbra

Foi baseado em dois trabalhos da autoria de Paul Langevin que Leonardo Coimbra, no ano de 1912, na sua dissertação *Criacionismo (esboço de um sistema filosófico)*, incluiu uma secção que terá sido a primeira referência escrita em Portugal à Teoria da Relatividade. Neste trabalho eram analisados os conceitos de *espaço e tempo*. Posteriormente, em Setembro de 1922, Leonardo Coimbra publicou na revista *Águia* o texto intitulado *As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico*. No ano seguinte voltaria a este tema, desenvolvendo-o no livro intitulado *A razão Experimental*.⁽¹³⁾

O primeiro artigo de Langevin, usado como referência por Leonardo Coimbra, tinha por título *L'Évolution de L'Espace et du Temps*, foi publicado em Julho de 1911 na *Revue de Metaphysique et Morale* (vol 4, p. 455 - 466), e o segundo, intitulado *Les temps et la causalité dans la physique contemporaine* apareceu no *Bulletin de la Société Française de Philosophie*, de Janeiro de 1912 (12, p. 1 - 46). Este facto serve para confirmar a actualidade com que alguma literatura especializada chegava a Portugal e era utilizada nos meios académicos. Tendo Langevin como referência, Leonardo Coimbra afirmava que o princípio da relatividade do movimento da mecânica clássica permanecia válido, mudando, no entanto, o sentido das noções de espaço e tempo. Aí era afirmado que a hipótese de Lorentz e FitzGerald se encontrava em contradição com as noções habituais do espaço e do tempo. Primeiro Langevin expunha a experiência de Michelson e Morley, demonstrativa da equivalência das diversas direcções no ponto de vista da propagação da luz. Depois demonstrava que este resultado é incompatível com as noções habituais de espaço e de tempo, se conservarmos a teoria das ondulações em óptica.⁽¹⁴⁾

⁽¹²⁾ FITAS, Augusto J. Santos - (2004). p. 6.

⁽¹³⁾ FITAS, Augusto J. Santos - (2004). p. 4.

⁽¹⁴⁾ COIMBRA, Leonardo - (1983). p. 103.

Reflectindo sobre as novas ideias, Leonardo Coimbra comentava que certas noções da física moderna levantavam, aparentemente, pelo menos, dificuldades à sistematização pelas velhas noções mecânicas e energéticas.⁽¹⁵⁾ Principalmente porque os estudos mais recentes conduziam à instabilidade das teorias físicas. Considerava que se as novas teorias, suficientemente cómodas e fecundas para serem verdadeiras, condenam os antigos princípios, esses princípios terão de desaparecer. Contudo, questionava o facto de que, nalguns aspectos, os novos conceitos ainda mantinham alguma relação de dependência relativamente às noções antigas. Neste sentido, questionava-se: *como demonstrar a falsidade dos antigos princípios pelas novas teorias se para o aparecimento das novas teorias foram precisos os antigos princípios?* Dentro das mais recentes teorias da matéria, a massa é, a *partir de certas velocidades* função da velocidade. Assim, a massa, constante abaixo duma certa velocidade mínima, é variável após esse limite. Leonardo Coimbra interrogava: *se a física não é uma arquitectura de noções, como compreender esta dualidade?* Na sua opinião, não serve de nada dizer que o antigo princípio da invariabilidade da massa é substituído pelo princípio da massa função da velocidade. Para Leonardo Coimbra, a ciência de convenções cómodas teria de se contentar do facto da massa ser independente da velocidade para as velocidades afastadas da velocidade da luz. Para ele, esse facto era o milagre insubsistente, que nada garante, nem explica. Não deixava de expressar a sua estranheza pelo facto das teorias electromagnéticas serem a causa da *negação da massa*, que, em sólidos alicerces, sustentava o edifício da Física. Deste modo, a massa mecânica é negada, mas envolvida no determinismo superior da massa electromagnética. A independência da massa perante velocidades pequenas deixava de ser um miraculoso *facto* para ser uma necessidade racional.⁽¹⁶⁾

Leonardo Coimbra recordava o facto de que a mecânica clássica considerava a velocidade como o mais simples elemento e das suas variações resultavam as qualidades específicas do movimento. Justificava-se, por esse motivo, o destaque dado ao conceito da aceleração em todo o campo da antiga teorização mecânica. Partindo do repouso, a primeira modificação é a velocidade, *que será simples ou se oferecerá como novo homogéneo às novas complicações da aceleração*. Mas, sendo o repouso relativo, todo o início era arbitrário, só jus-

⁽¹⁵⁾ COIMBRA, Leonardo - (1983). p. 93.

⁽¹⁶⁾ COIMBRA, Leonardo - (1983). p. 101.

tificável pelo pragmatismo natural do conhecimento. Assim, na relatividade do repouso ou do movimento, surgia um novo homogêneo a oferecer-se ao determinismo do conhecimento: o do movimento de translação uniforme.⁽¹⁷⁾ Leonardo Coimbra salientava o facto de que crentes na realidade do sólido rígido e indeformável, *os físicos não duvidaram da transmissão instantânea de abalos do repouso, seja da possibilidade física de uma velocidade infinita*. O estabelecimento de um limite para a velocidade de transmissão *dos abalos* relegaria a antiga mecânica a uma mera aproximação no contexto de uma teoria mais abrangente. Leonardo Coimbra expressou a opinião de que:⁽¹⁸⁾

... assim não seria de admirar que a realidade da experiência desmentindo o vago de suas abstrações, dando-lhe o correctivo de uma velocidade limite, viesse mostrar como o grupo de Galileu e seus invariantes são apenas aproximações felizes, do grau de felicidade dependente da pequenez das velocidades estudadas em relação àquele limite.

Essa velocidade limite é a velocidade da luz: 300.000 km/s; imensa, com efeito, em relação às velocidades da mecânica clássica – como que fazendo o papel de infinita.

Segundo Leonardo Coimbra, a ideia genial de Einstein consistiu em reduzir as forças de gravitação a forças de inércia, de modo que o Universo einsteiniano surgiu com a complicação mais alta, a forma mais completa e definida da inércia: a inércia de Galileu substituída por uma nova e mais completa inércia. E, se a inércia de Galileu é o comportamento euclidiano do *ponto-partícula*, a inércia de Einstein será o comportamento super-rieimanniano desse mesmo ponto. De acordo com a teoria de Einstein, para certas condições simplificadas é, com efeito, igual supormos um sistema com *certo* movimento ascendente, ou supô-lo, *estático*, num *certo* campo de gravitação. O princípio da relatividade, recebendo o auxílio deste novo *princípio de equivalência*, viria a generalizar-se procurando, em qualquer campo de gravitação, *invariantes* para qualquer sistema de coordenadas, acabando com a existência de observadores privilegiados.⁽¹⁹⁾ Desde logo, comentava Leonardo Coimbra, e até como simples aplicação da

⁽¹⁷⁾ COIMBRA, Leonardo – (1923). p. 166.

⁽¹⁸⁾ COIMBRA, Leonardo – (1923). p. 168.

⁽¹⁹⁾ COIMBRA, Leonardo – (1922). p. 97.

relatividade restrita a um campo de gravitação, e por virtude do princípio de equivalência, nos é impossível definir um tempo aplicável a todo o campo e um espaço cuja métrica seja euclidiana. Mas, não havendo, na interpretação de Einstein forças atractivas, sendo os campos gravíticos devidos a simples forças de inércia, é claro que o que interessa é a geometria dos movimentos dos corpos, as suas *linhas de Universo*. Tratava-se, portanto, de um estudo geométrico que haveria de ser feito, para o que havia a preparação anterior dos trabalhos de Gauss, estudando a geometria de certos espaços em si, sem referência a um espaço superior envolvente nem a qualquer *especial* sistema de coordenadas.⁽²⁰⁾

José de Almeida Lima

Num trabalho intitulado *A Física perante as teorias de Einstein*, publicado em 1921, na 3ª Série - nº 9 do *Jornal de Sciencias Matematicas, Físicas e Naturais*, da Academia das Sciencias de Lisboa (também publicado em separata) Almeida Lima afirmava que a descoberta, relativamente moderna, de muitos fenómenos físicos, e, entre eles os que se supunham ser provocados pelo movimento de corpúsculos animados de velocidades, já não muito afastadas da velocidade de propagação da luz, vieram criar novas dificuldades à concepção newtoniana, originando importantes trabalhos, do que resultaram novos símbolos, abarcando dum modo mais completo, todos os fenómenos físicos conhecidos. Com efeito, Lorentz e FitzGerald imaginaram um novo símbolo: *quando um corpo se desloca, a sua dimensão, cuja direcção coincide com a do movimento, diminui*. Essa diminuição é avaliada por meio dum *coeficiente de contracção*; e, comentava Almeida Lima, *cousa perturbante*, o cálculo prova que se o corpo estivesse animado duma velocidade igual à da luz, a sua dimensão na direcção do movimento anular-se-ia, e, portanto, o corpo! Sobre esta hipótese, afirmava que:⁽²¹⁾

Para o meu senso de homem vulgar uma tal conclusão seria considerada como um absurdo, e implicaria na exclusão do símbolo de Lorentz. Contudo esta conclusão foi aceita por Einstein, e considerada mesmo como basilar nas suas teorias.

⁽²⁰⁾ COIMBRA, Leonardo - (1922). p. 98.

⁽²¹⁾ LIMA, J. M. de Almeida: (1921). p. 5.

As dificuldades que envolviam a teoria de Lorentz resolveram-se admitindo que o éter não existe. Contudo, para Almeida Lima sem éter não podia existir propagação ondulatória, e, portanto, estava-se a assistir à *derrocada desse magnífico edifício, que tam grandes serviços prestou à sciencia e que contém no seu activo previsões maravilhosas verificadas pela experiência, como são a refração cônica interior e exterior, a dupla polarização circular na polarização rotatória, etc.* Segundo ele, a anulação do éter implicava uma grave contradição com essas teorias. Procurava justificar-se, afirmando: ⁽²²⁾

Sei que nessa afirmativa muitos verão uma irreverência, quasi um sacrilégio atentando contra o ídolo que beatificamente veneram; mas eu devo dizer que, para mim na sicencia é um perigo a idolatria, e, repetindo uma frase já dita: se na sciencia existissem dogmas conviria ser herege.

Atentemos bem no caso; se não existisse éter não existiriam ondulações para a luz que nos vêm dos espaços planetários e estelares; mas, como a luz, é inegável, que nos atinge, segue-se que, rejeitada a teoria da ondulação, teríamos de voltar à rejeitada teoria do Newton que, a experiência o provou, está em contradição com um facto fundamental, e isso já é grave.

Mas se a luz é constituída por um fluxo material, e se os crepúsculos que a compõem têm a tal velocidade limite, segue-se que esses crepúsculos não podem existir; logo, se o silogismo ainda é a base do raciocínio, não vejo como possa deixar de concluir-se que, a luz não existe.

Almeida Lima fazia notar que Lorentz simbolizou a sua teoria sobre os factos físicos, por meio dum conjunto de equações referidas a um certo sistema de eixos. Imaginou depois que o sistema a que essas equações se aplicavam passava por um movimento de translação uniforme dum certo espaço para outro espaço. Naturalmente resultou, dada a diferença dos espaços, uma diferença nas equações. Mas, Lorentz observou que se em vez do tempo t no novo espaço considerasse um outro tempo t_l , que se chamava tempo local, o segundo sistema de equações voltava a ser idêntico ao primeiro. Parecia tra-

⁽²²⁾ LIMA, J. M. de Almeida: (1921). p. 5-6.

tar-se de um artifício, banal, em análise, mas, para Einstein ... não se trata de um artifício, mas de uma realidade.

Para Almeida Lima havia uma diferença profunda entre um facto (circunstância absoluta) e a sua percepção (circunstância relativa). Ora, sendo a circunstância da simultaneidade recebida por *percepção* é claro que adquiria por essa razão o carácter de *relatividade* ou se melhor se quisesse de *contingência*. Pretendeu esclarecer o caso com um exemplo muito utilizado. Imaginava que em dois astros, a distâncias muito diferentes da Terra, se produziam dois fortes clarões (devidos por exemplo a explosões) *absolutamente simultâneos*. Para um observador colocado sobre a Terra esses acontecimentos simultâneos se lhe manifestavam, necessariamente, com um intervalo de tempo tanto maior quanto maior fosse a diferença de distância dos dois astros à Terra. É claro que, inversamente, dois factos que se *manifestavam simultaneamente* podiam ter sido produzidos em tempos diferentes. As circunstâncias ainda se complicavam quando o corpo que emitia luz estava em movimento, aproximando-se ou afastando-se do observador, porque, no primeiro caso, a revelação do fenómeno fazia-se em menor tempo e no segundo em maior tempo. A este facto ainda podia sobrevir uma nova complicação resultante da *variabilidade do espaço*, devido por exemplo, a um campo de gravitação, que desviasse a luz ou acelerasse ou retardasse o seu movimento. Segundo ele, ⁽²³⁾

Estamos, pois, em pleno campo da relatividade, em presença da realidade das cousas que nos é dada pela sua percepção, e fatalmente dum modo contingente.

Não há, pois dúvida, que Einstein viu bem o fundo da realidade; o tempo real é efectivamente relativo ou contingente.

Armando Cyrilo Soares

No ano de 1922 Cyrilo Soares apresentou em concurso para professor de Física da Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa uma dissertação intitulada *O conceito de matéria na evolução das teorias físicas*. Neste tra-

⁽²³⁾ LIMA, J. M. de Almeida: (1921). p. 18-19.

balho incluía a análise do conceito de matéria nas teorias modernas, dedicando particular atenção ao conceito de inércia no contexto da Teoria da Relatividade.

Cyrilo Soares considerava insustentáveis as noções de espaço e tempo absolutos da mecânica de Newton. Assim, a distância espacial ou o intervalo de tempo entre dois acontecimentos num dado sistema dependiam do estado de movimento do observador e do sistema. Segundo ele, as noções da relatividade do espaço e do tempo são as primeiras consequências lógicas dos princípios em que assenta a Teoria da Relatividade Restrita (primeira forma da teoria de Einstein) e que são: *o princípio da relatividade*, que estende às leis de todos os fenómenos físicos a invariância já estabelecida pela mecânica clássica para as leis mecânicas em todos os sistemas em translação uniforme, relativamente uns aos outros; e *o princípio da isotropia da propagação da luz*, que consiste em admitir que num sistema sem aceleração, a luz se propaga em todas as direcções com a mesma velocidade constante, independentemente do movimento da origem luminosa. Afirmava que, depois da relatividade do espaço e do tempo, se estabelece a relatividade da velocidade, da inércia e, em geral, a relatividade dos fenómenos físicos cujas leis serão as mesmas para todos os observadores que façam parte dos sistemas em que eles se passam, embora estes sistemas estejam em translação uniforme, uns em relação aos outros, mas que serão diferentes para um observador ligado a um sistema em movimento relativamente àquele em que os fenómenos se realizam.⁽²⁴⁾

No seu estudo, Cyrilo Soares salientava que considerações de ordem teórica, o estudo experimental dos fenómenos e as experiências de Rowland faziam considerar uma *inércia* de origem electromagnética que para um corpo electrizado em movimento se devia adicionar à sua *inércia* própria. Considerava *inércia* como uma função da velocidade, dependendo além disso da direcção que se considerava relativamente à direcção do movimento de que está animado o corpo. Distinguiu dois aspectos: os coeficientes de *inércia longitudinal* e de *inércia transversal*. Organizada sobre estas ideias e assumindo certas hipóteses adequadas à dinâmica especial duma partícula electrizada em movimento, Max Abraham e Lorentz estabeleceram de modos diversos a relação de dependência entre *inércia transversal* m e a velocidade v . Cyrilo Soares considerava a relação de Lorentz mais simples do que a de Abraham e mais conforme aos resultados experimentais, e podia traduzir-se

⁽²⁴⁾ SOARES, A. Cyrilo: (1922). p. 66-67.

pela expressão:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

em que m_o representa a *inércia inicial*, ou da partícula em repouso, e c a velocidade da luz no vácuo. ⁽²⁵⁾

Daí estarmos perante uma nova mecânica, cuja confirmação era observada na sua aplicação aos *electrões* animados de grandes velocidades que constituem os *raios catódicos* e os *raios β* . Com efeito, referia Cyrilo Soares, determinadas experimentalmente, a velocidade, a razão e/m entre a carga eléctrica e e a inércia transversal m das *partículas catódicas* e dos *raios β* , e considerando e constante para cada partícula e com o mesmo valor para todas, foi possível a Kaufmann determinar os valores da razão entre a inércia transversal m correspondente à velocidade v duma partícula e o valor do mesmo coeficiente m_o para velocidades extremamente pequenas em que se pode considerar constante.

Como um dos mais notáveis resultados da Teoria da Relatividade, Cyrilo Soares apontava, ainda, a demonstração de que a energia total E dum corpo animado da velocidade v se calculava pela expressão

$$E = m c^2$$

fazendo notar que a cada variação da inércia dum corpo correspondia uma variação da sua energia total e reciprocamente; ou por outras palavras:

- Toda a inércia m representa uma energia total mc^2
- A toda a energia E corresponde uma inércia E/c^2

Deste modo, concordava com a hipótese de que toda a absorção ou emissão de energia por um corpo acarreta uma variação da sua energia total e uma variação da sua inércia proporcional à primeira. Assim, para Cyrilo Soares, a mudança de temperatura, as reacções químicas, as transformações radioactivas, etc., deviam ser outras tantas causas da variação da inércia dum corpo. A inércia e a energia deviam, então, ser considerados dois aspectos da mesma coisa. Medir a matéria dum corpo pela sua inércia era, pois, medi-la como quantidade de energia.

⁽²⁵⁾ SOARES, A. Cyrilo: (1922). p. 62.

No seu estudo, Cyrilo Soares referia-se aos estudos de Gustav Le Bon publicados com o título *L'Évolution de La Matière*, para quem a matéria e a energia são duas formas da mesma substância e a justificar o conceito de matéria, formulado pela *Energética*. Tendo também como referência o trabalho de Jean Becquerel intitulado *Exposé élémentaire de la Théorie d'Einstein*, considerava que no princípio da conservação da energia se fundiu o princípio da conservação da inércia ou da massa. Mas, se a *inércia* dum corpo corresponde, como Einstein demonstrou, à sua energia total, isto é, se toda a *inércia* do corpo é devida às energias que este contém, Cyrilo Soares concluía que: ou que a matéria não é dotada de *inércia*, ou que a matéria não é essencialmente distinta da energia e apenas representa as combinações mais ou menos complexas e mais ou menos estáveis de energias diversas que constituem os corpos. Adoptando a segunda hipótese afirmava que a *massa* é a quantidade de matéria e media-se pela *inércia inicial*. Acrescentava ainda que a quantidade de matéria dum corpo não é em rigor uma constante. Contudo, por serem em geral pequenos os acréscimos positivos que sofrem as energias componentes dos corpos, em relação ao seu valor total, se considerava praticamente invariável a sua massa. Concluía que a medida newtoniana de *massa*, sem atender ao estado do corpo, constituía, portanto, uma aproximação suficiente. ⁽²⁶⁾

Fazendo uma breve referência à Teoria da Relatividade Generalizada Cyrilo Soares afirmava que dando à sua teoria uma forma mais ampla (relatividade geral), de modo a aplicar-se ao caso dum sistema em movimento acelerado, Einstein mostrou a equivalência entre uma aceleração e um campo de gravitação e estabeleceu que a energia *pesava proporcionalmente à sua inércia*, o que concordava com os resultados das experiências de Eotvos. Em consequência, um raio de luz devia encurvar-se num campo de gravitação suficientemente forte. Calculado por Einstein, o desvio que a luz proveniente duma estrela deveria sofrer passando próxima da superfície do Sol, foi confirmado pelas observações astronómicas realizadas durante o eclipse total do Sol em Maio de 1919. ⁽²⁷⁾

⁽²⁶⁾ SOARES, A. Cyrilo: (1922). p. 76.

Melo e Simas

Nos *Dados Astronómicos para os Almanques de 1924 para Portugal*, do Observatório Astronómico de Lisboa, publicados em 1922, Melo e Simas afirmava que a Teoria da Relatividade girava, principalmente, em torno das noções de espaço, tempo e, por conseguinte, movimento e matéria. Neste contexto, por espaço devia entender-se, não o espaço absoluto, isto é, o espaço representado apenas na concepção das suas três dimensões, o espaço amorfo, inerte, cuja significação só por si nada dizia e que constituía uma simples abstracção do nosso espírito; mas sim o espaço relativo, o espaço que podia medir-se, ou com uma unidade vulgar, ou pelo tempo que um corpo animado de velocidade conhecida leva a percorrer as suas dimensões. Por tempo deveria entender-se igualmente o tempo relativo, isto é, o intervalo de tempo que pode avaliar-se, quer pelo relógio, quer pela sucessão isócrona do mesmo ou de idênticos fenómenos, e não o tempo em si, sem origem nem finalidade, o tempo em que todos falam e ninguém compreende, que antes se não conseguiu definir, e que constituía outra abstracção do nosso espírito.⁽²⁸⁾

Tratando pois a Teoria da Relatividade, principalmente da situação e movimento de corpos no espaço e no tempo, tornava-se indispensável que esses corpos se referissem a certas origens ou pontos de vista, atendendo a que a variação de origem ou ponto de vista modifica sempre o aspecto sob o qual esses corpos se apresentam ao observador. Isto consegue-se, segundo Melo e Simas, pelo emprego das coordenadas, que não são mais do que a forma geométrica de considerar os aspectos em várias direcções. Assim, o corpo que se sabe existir sobre uma superfície fica localizado considerando-o sob dois aspectos. Se existe imóvel no espaço, são precisos três aspectos para a sua definição. Contudo, se se move nesse espaço, torna-se indispensável a consideração do tempo, o qual entra assim como um quarto aspecto destinado a marcar o momento a que a localização se refere. Melo e Simas fazia notar que as coordenadas do espaço poderão, conforme as circunstâncias, ser contadas quer sobre rectas perpendiculares ou não aos eixos ou planos coordenados, quer sobre curvas obedecendo a leis de continuidade arbitrárias ou determinadas; mas, em todo o caso, é sempre ao conjunto dos elementos necessários para determinar, em certo momento, a posição de um corpo que

⁽²⁷⁾ SOARES, A. Cyrilo: (1922). p. 69-70.

⁽²⁸⁾ SIMAS, M.S. de Melo e: (1922). p. 45.

se move, isto é, é sempre ao sistema de coordenadas do espaço conjuntamente com o tempo contado a partir duma certa época que Simas designava sob o nome genérico de *sistema*.⁽²⁹⁾

Neste contexto, para Melo e Simas, a Teoria da Relatividade é a *teoria da representação das leis físicas por formas idênticas, embora essa representação se faça relativamente a sistemas diversos de referência ou tenham de substituir-se por outras equivalentes as forças hipotéticas a considerar*. É a teoria pela qual se exprime que os movimentos observados são sempre relativos, isto é, que a aparência resultante do movimento de um corpo tanto pode ser explicada pelo movimento real desse corpo, como pelo deslocamento daquele ou daqueles que lhe servem de referência, como ainda pelo de certas regiões ou pontos do espaço incluindo o ocupado pelo observador; e que, se esse movimento for devido a forças actuando constantemente pode admitir-se, com certas restrições, produzido por vários modos de aplicação dessas forças, como por exemplo, o comboio em andamento e que tanto pode supor-se puxado pela máquina colocada na frente, como empurrada por ela na retaguarda. Assim, é a teoria segundo a qual só tem objectividade o que é relativo.

Experiências do fim do século XIX, que Melo e Simas considerava aliás não completamente isentas de crítica, vieram mostrar que a *velocidade da luz* parece ser *uma constante absoluta da Natureza independente da velocidade do corpo que a recebe* como é da velocidade daquele que a emite. Foi este resultado importantíssimo (que se não deve perder de vista) que orientou o espírito de Einstein para a nova teoria, aliás já intuitivamente entrevista por Lorentz sob um aspecto diferente. Melo e Simas comentava que:⁽³⁰⁾

A razão ... porque só agora um princípio evidente manifesta resultados surpreendentes é esta: Até aqui aplicava-se ele apenas aos corpos no espaço; mas a descoberta da constância da velocidade da luz generalizou-se ao tempo, e daí surgiu uma revolução.

Um dos princípios de toda a teoria física consiste em colocar em equação o problema que essa teoria pretende resolver; isto é, consiste em dispor os princípios fundamentais por forma que eles possam ser expressos matematicamente, entregando assim o raciocínio matemático posterior e à sua

⁽²⁹⁾ SIMAS, M.S. de Melo e: (1922). p. 46.

⁽³⁰⁾ SIMAS, M.S. de Melo e: (1922). p. 47.

lógica segura e infalível o cuidado de tirar as ilações, as quais, se a teoria é verdadeira, serão, por sua vez, confirmadas pela experiência ou pela observação. Tal era o objectivo da Teoria da Relatividade. Neste contexto, dizer, com efeito, que dois corpos apresentam movimentos relativos idênticos, quando observados de pontos de vista diferentes, traduz-se matematicamente exprimindo esses movimentos por formas idênticas relativamente a sistemas que tenham por origem aqueles pontos de vista.

Segundo Melo e Simas, o processo clássico, seguido por Einstein na sua exposição, e por todos os que depois compendiarão o assunto, foi dividir o princípio da Relatividade em dois: *Um, simples – o princípio da relatividade restrita – aplicável só a corpos animados de movimento rectilíneo e uniforme; e o outro, difícil, de dedução extremamente complicada – o princípio da relatividade geral – aplicável à matéria animada de qualquer movimento.* Na sua opinião, poder-se-ia, duma forma genérica, não atender à separação, visto que o primeiro princípio não é mais do que um caso particular do segundo. Como porém este último só pode deduzir-se apoiado na consideração daquele, tornou-se conveniente conservar a separação tanto sob o ponto de vista científico, como sob o ponto de vista histórico. Comentava que:⁽³¹⁾

Todos estes resultados (da Teoria da Relatividade), verdadeiramente extraordinários, seriam na verdade de molde a modificar toda a mecânica e mesmo a geometria correntes e suas aplicações, se as influências produzidas não fossem excessivamente pequenas e mesmo impossíveis de verificar como os instrumentos da mais alta precisão, salvo em casos especiais, como alguns que a Astronomia faculta à observação, e em que essas influências se acumulam com a sucessão dos tempos. Desta forma a geometria e a mecânica clássica continuarão a representar os fenómenos com uma aproximação suficientemente rigorosa para as aplicações da prática corrente, contribuindo a Teoria da Relatividade com mais um termo para a série de aproximações sucessivas que, pouco a pouco, conduzirão à verdade.

⁽³¹⁾ SIMAS, M.S. de Melo e: (1922). p. 50.

Ramos da Costa, no seu trabalho intitulado *Espaço, Matéria, Tempo ou trilogia einsteiniana*, estabeleceu como objectivo da Teoria da Relatividade a procura das leis ou regras, servidas por um formalismo matemático, que se reportassem a todos os fenómenos *físico naturais*, referidos a sistemas de referência não dependentes do estado de movimento do observador. Einstein formulou a sua Teoria da Relatividade Restrita (1905), obtendo as leis a que podem ser submetidos os fenómenos *físico naturais*, para todos os sistemas, no estado de *translação uniforme*, depois de Michelson ter revelado o desacordo suscitado entre a sua experiência e as previsões baseadas nos conceitos antigos de espaço e tempo, desacordo que foi comprovado pelas experiências de Rayleigh e Brace (1902 e 1904) e Trouton e Noble (1903). Foi a partir da indissolubilidade da união espaço-tempo, criada por Minkowski (1908), que Einstein obteve as leis a que podem ser submetidos todos os fenómenos *físico naturais*, para todos os sistemas de coordenadas quadridimensionais curvilíneas. Esta formulação, conjuntamente com a inclusão do fenómeno da gravitação no campo da Relatividade, generalizando assim o princípio da Relatividade Restrita, estava na base da Teoria da Relatividade Geral.⁽³²⁾

Reflectindo sobre o conceito de Espaço, Ramos da Costa afirmava ser uma concepção filosófica que, por si, nada exprime, mas que, subjectivamente, nos sugere a ideia de extensão. Neste sentido, o que importa ao físico é obter um meio de determinar os fenómenos de movimento, no espaço vazio. Por isso, para definir, no espaço, o lugar de um objecto, ou local onde se produz um fenómeno, tornava-se imprescindível recorrer ao sistema de referência. Daqui, concluía que a concepção do espaço é uma coisa essencialmente relativa, de modo que um corpo, que, para nós, está imóvel no espaço, pode deixar de estar para outros observadores. Segundo ele, a maioria das leis sobre os movimentos dos corpos mecânicos, assentava na ideia de um sistema de eixos astronómicos, designados por eixos absolutos. Contudo, no estado actual da ciência, era questionável se um tal sistema de eixos resolveria o problema em toda a sua plenitude. Com efeito, se em vez de um sistema de eixos absolutos, fosse considerado um sistema animado de rotação, em relação aos eixos absolutos, as leis da física matemática deixavam de ser

⁽³²⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p. 1.

eficazes. Esta circunstância já tinha sido perfeitamente acentuada por Newton, o qual insistiu sempre em que: *As leis da sua mecânica só são verdadeiras para os eixos absolutos e não para os eixos em rotação*. Logo aí, fazia notar Ramos da Costa, havia a necessidade de se considerarem duas mecânicas: a mecânica clássica ou de Newton, verdadeira apenas para os eixos absolutos; e a mecânica relativista verdadeira para os eixos em rotação. No entanto, a experiência de Michelson provou à evidência que os eixos absolutos são inacessíveis. Foi após o insucesso das tentativas de Michelson, que Einstein estabeleceu a subsequente conclusão lógica: *Na Natureza não existem eixos absolutos* ou, melhor, o espaço absoluto ou o éter cósmico em *quietação*.

Para Ramos da Costa, a noção do espaço absoluto derivou da ideia do sólido perfeito ou, ainda, da *invariância* das formas geométricas. A noção da simultaneidade absoluta, era uma consequência da possibilidade de uma propagação instantânea e, deste modo, uma figura geométrica teria uma forma absoluta, independentemente do estado de movimento do sistema de referência. Enquanto, na formulação clássica a noção do espaço absoluto implicava a simultaneidade absoluta que, por sua vez, tinha subjacente o conceito da acção instantânea à distância, na Física moderna, esta ideia era completamente rejeitada. A experiência de Michelson veio corroborar a inexistência da acção instantânea à distância, pelo desacordo suscitado entre a mecânica newtoniana e as leis do electromagnetismo.⁽³³⁾

O princípio de inércia, ou de Galileu, estava associado a uma noção de espaço que, segundo Ramos da Costa, era puramente teórico, porquanto difícil seria subtrair um corpo a toda a acção externa e, muito principalmente, à da gravitação, na medida em que não há região no espaço, onde ela não se faça sentir. Desta forma, a noção de espaço deveria ser reformulada. Einstein, nas medidas de comprimento, considerava duas categorias fundamentais distintas: uma, na qual o operador e o comprimento mensurável se encontram no mesmo sistema, isto é, em repouso relativo; outra, estando em sistemas diferentes, isto é, o observador movendo-se em relação ao comprimento a medir, ou reciprocamente. Enquanto a primeira era um caso geral de geometria, a segunda ultrapassava o seu domínio, pelo facto desta medida não ser independente do tempo. Ramos da Costa afirmava que:⁽³⁴⁾

⁽³³⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p. 7-8.

⁽³⁴⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p. 10.

Foi n'esta situação que Einstein, usando da liberdade que permite aos físicos procurar uma hypothese plausível para a não concordância dos dois generos de medição, se serviu do principio de contracção de Lorentz (1903); mas sem contudo acceitar o caracter absolutista que este imprimiu ao seu princípio, no sentido de salvar a guardar as leis da mecânica classica e a noção do tempo absoluto de que esta deriva.

Deste modo, em cada observação verificam-se circunstâncias especiais, com referência ao observador e ao objecto que se visa no espaço. Assim, comentava Ramos da Costa, o que vemos, não depende só do objecto visado, mas das nossas próprias circunstâncias: posição, movimento e, sobretudo idiossincrasia pessoal. As qualidades que podem afectar o observador no exame dos objectos são: posição, movimento e grandeza. A idiossincrasia pessoal pode ser eliminada com o emprego de aparelhos científicos para medição, embora os seus resultados sejam, ainda, função da posição, movimento e grandeza dos instrumentos.

Ramos da Costa salientava o facto de que depois da Teoria da Relatividade Generalizada, as propriedades geométricas do espaço passaram a depender da distribuição da matéria, isto é, nada se podia dizer sobre a sua estrutura, sem se conhecer o estado da matéria. Isto significava que o Universo possui uma estrutura geométrica conexa da presença da matéria ou da energia electromagnética. O campo gravítico, que domina na vizinhança destes elementos, não é mais do que uma deformação do espaço-tempo. Os adeptos da escola einsteiniana evocavam a hipótese do hiperespaço, ou espaço a mais de três dimensões, sustentando a ideia de que, na teoria relativista, o espaço e o tempo estão indissoluvelmente ligados, como preconizou Minkowski, numa conferência, realizada em 1908, em Colónia. Acerca do espaço quadridimensional, Ramos da Costa comentava que:⁽³⁵⁾

...Minkowski concebeu um mundo fisico composto d'um certo numero de fenomenos isolados, sendo cada um d'elles determinado por três coordenadas d'espaço e uma coordenada de tempo, de modo a constituir um continuum quadridimensional, visto que exis-

⁽³⁵⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p. 14.

tem, para todo o fenómeno, fenómenos tão próximos, quanto se quiser, do primeiro fenómeno considerado.

Perante uma mudança tão profunda nas noções de espaço e tempo, comentava que:

É certo que não estamos habituados a encarar o mundo, como um continuum quadridimensional, por isso que o tempo na física, antes da theoria da Relatividade, significava uma quantidade absoluta, isto é, independente da posição e do estado de movimento do sistema de referencia; porém, ao presente, a theoria da Relatividade obriga a considerar o mundo, como um continuum quadridimensional, porque o tempo não é mais independente.

A Teoria da Relatividade conduziu à necessidade da reformulação do conceito de massa, assunto que também constituiu objecto de análise de Ramos da Costa. A definição de massa, segundo Newton, admitia a proporcionalidade entre a força que actua sobre o corpo e a aceleração que ela lhe imprime e era uma grandeza constante. Ora, esta constância, a qual, conjuntamente com o princípio da *independência dos efeitos de uma força*, serviu de base à mecânica newtoniana, já não podia continuar a ser aceite. Com efeito, se a força aplicada ao corpo aumentasse indefinidamente, a velocidade deveria também aumentar indefinidamente, o que é contrário à hipótese de Lorentz, que admitia que nenhuma velocidade pudesse exceder a da luz, e ao princípio da isotropia, que diz que esta velocidade é finita e constante (Michelson). Ramos da Costa fazia notar que, ainda assim, esta noção de massa podia subsistir, na teoria relativista, no caso do corpo estar em repouso em relação ao observador, pois que, quando se lhe aplica uma força, a sua aceleração, no começo do movimento, é proporcional à força, sendo a relação destas duas quantidades, designada por *massa em repouso* ou *massa inicial*. Mas, uma vez o corpo em movimento, esta relação crescia com a velocidade, tendendo para infinito, à medida que a velocidade tendia para o limite superior, sendo designada por *massa de inércia*.⁽³⁶⁾

Pronunciando-se, no contexto da Física moderna, sobre a hipótese de que a matéria é de origem electromagnética, Ramos da Costa partilhava da ideia de que, a par da *inércia mecânica*, existia também a *inércia eléctrica*. Neste sentido, podia imaginar-se que a matéria é constituída por corpúsculos

⁽³⁶⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p. 23.

electrizados, denominados electrões, os quais, segundo Poincaré, seriam *orifícios no éter*, em torno dos quais este se agita. Segundo este modelo, esses orifícios seriam tanto menores quanto maior fosse a agitação do éter e, por consequência, a inércia, o que implicava que a inércia de todas as partes componentes dos átomos, isto é, de toda a matéria, fosse de origem electromagnética. Deste modo, a teoria electrónica de Lorentz consistia na inversão da relação tradicional existente entre a matéria e a electricidade, procurando explicar electricamente os fenómenos mecânicos, em vez de explicar mecanicamente os fenómenos eléctricos. Esta nova teoria vinha dar consistência à afirmação que a matéria, substrato de fenómenos mecânicos, é de origem electromagnética. Mais tarde, a desmaterialização da matéria, concebida pelos físicos ingleses, veio mostrar que a matéria se subtiliza e que a energia se materializa. Segundo esta ideia, a massa do electrão não podia ser atribuída a um suporte material que não existia, nem ao éter, cuja existência parecia apenas ser hipotética mas, era a sua própria energia a sua única realidade substancial. Ramos da Costa entendia a massa como capacidade de energia cinética, determinada pela relação entre o dobro da energia cinética e o quadrado da velocidade. Assim, considerando que a massa e a energia eram equivalentes em primeira aproximação, e por analogia com o equivalente mecânico do calor, foi criado o equivalente mecânico da massa (*energética*), que é a quantidade de energia contida na unidade de massa. Os trabalhos recentes de Gustav Le Bon sobre a dissociação da matéria evidenciavam que a maior quantidade de energia, que se podia extrair de um corpo, correspondia à projecção dos seus elementos no espaço, com a maior velocidade realizável. Para Le Bon, ela era igual ao semiproducto da massa pelo quadrado da velocidade limite (velocidade da luz). Ramos da Costa comentava que este valor *seduz a imaginação mais potente em conceber possibilidades ilimitadas em prol da indústria humana*. Deste modo, tornava-se provável que, num futuro mais ou menos próximo, o conhecimento desenvolvido na era da radioactividade pelas mãos de Bequerel e Curie, tornasse possível descobrir forças extraordinárias capazes de aniquilar as forças *intra-atómicas* que mantinham pela coesão, o equilíbrio dos agregados de átomos.

Deste modo, a energia total, adquirida por uma partícula de matéria, depois da Teoria da Relatividade Restrita, passaria a compor-se: da energia que encerra a matéria em repouso, que é a soma das energias cinética e potencial dos electrões que constituem; e da energia cinética devida à velocidade da partícula, em relação aos observadores considerados (energia esta que cresce

indefinidamente à medida que essa velocidade tende para a velocidade da luz). Ramos da Costa referia que: ⁽³⁷⁾

... aquela energia é fantástica, pois que um gramma corresponde à presença d'uma energia interna igual a 9×10^{20} ergs, provém quasi toda de nucleos atomicos, e da qual, uma pequena porção é liberada espontaneamente nas transformações radioactivas, e uma outra, bastante menor, proveniente exclusivamente dos electrons que gravitam, em torno d'esses nucleos, evola-se na radiação (calor radiante, luz, raios X) ou nas reacções químicas. À forma de energia, manifestada durante a dissociação da materia, dá-se o nome de energia intra-atmica. Esta energia, pela sua concentração, extraordinária potencia a estabilidade d'equilibrio, differe de todas as outras fórm, conhecidas na sciencia por energias intermoleculares.

Concluía o seu comentário afirmando que:

Devida à grandeza da energia intra-atmica, é que os fenómenos radioactivos se manifestam tão intensamente; e como na Natureza os corpos são todos, mais ou menos, radioactivos, embora muitas das suas manifestações escapem à nossa investigação, inutil será encarecer o importantissimo papel que a materia tem a desempenhar, como colossal reservatório da energia intra-atmica. A energia e a materia são, por consequencia, duas fórm diversas da mesma coisa, em que a materia representa uma fórmula relativamente estável da energia intra-atmica, e o calor, a luz, a electricidade, etc. representam fórm mutáveis da mesma energia.

Para Ramos da Costa, o dualismo fundamental da massa e da energia terminou no momento em que a Teoria da Relatividade, conjuntamente com a teoria dos *quanta* de Planck, conduziu a aproximar estas duas noções, dotando-as de propriedades comuns. Deste modo, a massa deixou de ser uma quantidade constante, e o princípio da conservação da massa, formulado por Lavoisier, veio a fundir-se com o da conservação da energia.

⁽³⁷⁾ COSTA, A Ramos da. (1923). p.28

No mesmo trabalho, Ramos da Costa desenvolveu algumas considerações sobre a Teoria da Relatividade Geral. Segundo ele, a sua origem parecia dever ser atribuída a dois aspectos essenciais:

1º) Ao facto de Einstein não aceitar que um sistema de coordenadas - sistema de referência - possa alterar a realidade e, portanto, julgar impossível que a realidade dependa do sistema que se escolhe para estudar;

2º) À inclusão do fenómeno da gravitação no campo da Relatividade.

O princípio da Relatividade Restrita aplicava-se, apenas, ao sistema de coordenadas em movimento rectilíneo e uniforme, o que, na opinião de Ramos da Costa, representava uma situação de privilégio na Natureza, porquanto, o natural é o movimento ser variado. Por isso, se tornou necessário encontrar um sistema de referência que fosse possível adaptar a todo e qualquer movimento, a fim de que todas as leis físico-naturais pudessem ser formuladas independentemente do sistema de eixos coordenados. A inclusão do fenómeno da gravitação no campo da Relatividade resultava da equivalência, deduzida por Einstein, entre um campo gravítico e um campo de força, devido a um estado de movimento acelerado. Neste contexto, Ramos da Costa punha em evidência que até a própria luz, como massa pesada que era, estava sujeita à atracção universal, o que obsta a que a sua velocidade fique constante durante todo o percurso do raio luminoso, o que é contrário ao princípio basilar da isotropia da luz. A gravitação não devia, contudo, ser apreciada como uma força aplicada a um corpo. Ramos da Costa partilhava a opinião de deveria ser entendida como uma força de inércia e da mesma natureza que aquela, que se dá num sistema acelerado. ⁽³⁸⁾

86

Não obstante a identidade entre a massa inerte e a massa pesada ter sido registada na mecânica clássica, nunca ela foi devidamente interpretada, o que, na opinião de Ramos da Costa, só com a mecânica relativista, após o conhecimento do princípio de equivalência entre um campo gravítico e um campo de força, devido a um estado de movimento acelerado, conduzia a admitir que *a força de gravitação é uma força de inércia*. Segundo ele, Einstein tinha che-

⁽³⁸⁾ COSTA, A Ramos da; (1923). p. 50

gado a esta asserção, partindo da hipótese da *geometrização* da Física, ou antes, da hipótese de que uma transformação conveniente de coordenadas, nas proximidades de um ponto, é equivalente a uma força gravítica. Com efeito, Einstein generalizou a Teoria da Relatividade, estabelecendo o princípio seguinte: *Todos os sistemas de referência são equivalentes para formular as leis da Natureza; estas leis são covariantes, isto é, dadas num sistema de referência, elas são dadas ao mesmo tempo, em todo e qualquer outro sistema, em face da transformação de coordenadas arbitrárias.* ⁽³⁹⁾ Para Ramos da Costa, esta generalização impunha-se, visto as leis científicas serem todas baseadas na constatação de coincidências no Universo ou, antes, de intersecções de linhas do Universo, absolutas e, portanto, independentes de todo o sistema de coordenadas. Além disso, segundo ele, as leis naturais devem ser expressas sob uma forma intrínseca, isto é, sob uma forma que fique a mesma, qualquer que seja o sistema de coordenadas escolhido para estudar os fenómenos.

Na opinião de Ramos da Costa a Teoria da Relatividade surgiu como uma consequência inevitável da evolução da ciência, que se articulava com a descoberta da radioactividade, em que as velocidades dos electrões e dos raios β , se aproximam da velocidade da luz, tornando necessário adequar a mecânica ao estudo desses fenómenos. ⁽⁴⁰⁾

Gago Coutinho

Na sua *Tentativa de interpretação simples da Teoria da Relatividade restrita*, publicada pela Imprensa da Universidade, no ano de 1926, Gago Coutinho deixou bem expressa a sua opinião contrária à Teoria da Relatividade de Einstein e que combateu ao longo de toda a década de trinta nos diversos artigos que publicou. Começava logo por admitir que na nossa ignorância sobre a mecânica da propagação da luz, não se podia considerar provada a constância da sua velocidade através dos móveis, ou seja a sua isotropia. Segundo ele, *a luz vinda de fora da Terra - como se conclui pela aberração - parece penetrar na atmosfera como um projectil, apresentando uma*

⁽³⁹⁾ COSTA, A Ramos da; (1923). p. 52

⁽⁴⁰⁾ COSTA, A Ramos da; (1923). p. 61

velocidade composta com a velocidade da Terra. Considerava que quanto à Luz produzida na Terra, as coisas se passavam como se o *éter*, ou o meio onde se propaga a luz, acompanhasse a Terra, e a luz fosse dotada de *inércia*, como um projectil. Contudo, no problema abstracto formulado pelos relativistas, a luz obedecia ao princípio da *isotropia* da propagação em todas as direcções, independentemente de considerações físicas.⁽⁴¹⁾

Gago Coutinho considerava que os relativistas não podiam afirmar seguramente que a Teoria da Relatividade tinha confirmação experimental. Num texto publicado na Seara Nova, em 1930, intitulado *A Relatividade: Objecções, paradoxos, cálculos aritméticos*, apresentava a seguinte objecção:⁽⁴²⁾

É corrente ler-se em escritos relativistas que a experiência confirmou brilhantemente a Teoria da Relatividade de Einstein.

Ora os factos não falam tão claro como se conta. Já vimos que a aplicação das fórmulas de Einstein, a mais de um par de sistemas, é impossível; e é este o caso da passagem da Luz ao longo de tubo de líquido móvel de Fizeau, experiência esta que provou um arrastamento parcial da luz pelo líquido em movimento. A nova fórmula da composição de velocidades permitiria explicar este arrastamento. Mas ainda mesmo que desaparecesse aquele absurdo de as velocidades compostas dependerem de relógios que, no mesmo instante, marcam duas horas diferentes, o facto é que a fórmula de composição de velocidades relativista, – isto é, sem ser por soma algébrica é comum a várias outras teorias diferentes; portanto, ainda que a propagação da Luz nos líquidos em movimento obedecesse, de facto, àquela fórmula (independentemente de o relâmpado ter sido produzido ou não no seio do líquido), ficaríamos ignorando qual daquelas numerosíssimas teorias seria confirmada.

Segundo Gago Coutinho, as fórmulas que traduzem analiticamente o problema da Relatividade Restrita podem ser deduzidas partido das hipóteses clássicas usuais, sobre distâncias rígidas e tempo absoluto, a que corresponde a noção de só ser simultâneo o que se passar à mesma hora de relógios idên-

⁽⁴¹⁾ COUTINHO, Gago: (1926). p. 5.

⁽⁴²⁾ COUTINHO, Gago: (1930). p. 28

ticos, certos uns pelos outros na ocasião do seu contacto. Faz-se assim, nas horas e simultaneidades, uma distinção entre reais, ou *absolutas*, e *relativistas* ou aparentes. Para deduzir as fórmulas da Teoria da Relatividade partia-se, como base, do *artifício dos relógios ópticos*, marcando no mesmo instante absoluto horas em progressão. Assim, as deformações aparentes, tanto das dimensões como dos tempos, deviam-se à falta de simultaneidade real das observações feitas pelos habitantes dos sistemas móveis, ignorantes da existência de um sistema privilegiado, onde a luz se propaga sem produzir deformações aparentes. Gago Coutinho concluiu que a medição daquelas deformações permitiria calcular as características desse sistema – ou éter – assim como a *hora absoluta*, independentemente da propagação da luz, a qual não é instantânea. Na sua opinião, esta hora tem realidade: é a hora de um relógio local (regulado pela rotação da Terra) transmitida mecanicamente, como seria, por exemplo, pelo transporte de cronómetros, que usam os navegadores (e os relativistas nos seus sistemas, para poderem constatar as deformações de horas e distâncias).⁽⁴³⁾ Para ele, ao contrário das insistentes afirmações relativistas, o *absoluto* tem existência real. Na verdade, este começou por ser aceite na dedução das fórmulas da Teoria da Relatividade, dedução que partiu de uma posição instantânea dos sistemas, ou seja do instante absoluto, para prever o instante e aspecto óptico.⁽⁴⁴⁾

Procurando colocar em evidência alguns absurdos da Teoria da Relatividade, Gago Coutinho argumentava que a regulação especial dos relógios, sua origem fundamental, varia com a rapidez de propagação do acontecimento a que pretendemos atribuir isotropia, seja som, projectil, luz na água, luz no vácuo, gravitação, etc. Tal regulação seria pois impraticável quando se pretendesse que ela, para o mesmo móvel, se adaptasse simultaneamente a vários fenómenos concorrentes da Natureza. Donde, segundo Gago Coutinho, resultava o absurdo da Relatividade. Enfim, a Relatividade, sendo na essência o resultado da *convenção* fundamental proposta por Einstein – *aceitarmos que a luz leva sempre o mesmo tempo a percorrer distâncias iguais em qualquer sentido* – forçou a atribuir aos relógios uma regulação especial, da qual terá resultado o confundirmos a aparência com a realidade, fazendo-nos julgar os fenómenos pelas *velocidades, massas e volumes aparentes*, que

⁽⁴³⁾ COUTINHO, Gago: (1926). p. 79-80

⁽⁴⁴⁾ COUTINHO, Gago: (1930). p. 30

não correspondiam às noções gerais, que até então sempre tinham sido consideradas absolutas.

A própria isotropia relativista da luz, obtida por meio dos relógios ópticos, era, segundo Gago Coutinho, apenas uma *ilusão de óptica*. Argumentava que insistindo-se em conservar aos relógios dos sistemas móveis uma regulação absoluta, ou independente da propagação da luz ou de qualquer outro fenómeno físico, isto é, fazendo-a corresponder só à rotação da Terra – como a atribuída aos relógios comuns – pretendendo que eles, móveis ou em repouso, marcassem todos no mesmo momento a mesma hora; em uma palavra, renunciando-se a regulá-los pelo *processo dos relâmpagos equidistantes*, que na sua opinião resultou *vicioso*, ter-se-ia privado a isotropia da Luz da sua explicação relativista. ⁽⁴⁵⁾

Para Gago Coutinho, a impossibilidade de atingir uma velocidade relativista superior à da Luz era só algébrica, e resultava da maneira como os relativistas calculavam a velocidade. No seu ponto de vista, pretendeu-se contudo fugir a essa comprometedora contingência de o móvel atingir um ponto além do qual a sua velocidade passava a diminuir; e inventaram uma nova hipótese física, que na sua opinião as experiências conhecidas não justificavam: *A massa passaria, portanto, a ser múltipla em cada ponto material, segundo as múltiplas velocidades relativas que lhe podemos atribuir*. Colocava em evidência que foi fácil criar um coeficiente tal que, para o corpo atingir uma velocidade relativista de 300 000 km/s, se tornasse necessário acumular naquele objecto uma energia infinita. Tornava-se assim impossível exceder a velocidade da Luz, além da qual se revelavam, flagrantes, os paradoxos da Relatividade. ⁽⁴⁶⁾ Deste modo, para Gago Coutinho, a deformação relativista imposta à massa não era física, mas apenas aparente, e derivada analiticamente do mesmo princípio da simultaneidade óptica dos relativistas, sendo análoga portanto à deformação aparente das outras grandezas aceites como rígidas. Argumentava que a salvação do princípio relativista não impunha o recurso a uma nova *convenção* sobre alteração física dos corpos em movimento; ainda neste ponto se podia continuar a discutir o movimento, segundo os princípios da Mecânica Clássica e respeitando a imutabilidade material da *massa*.

Pronunciando-se sobre as conferências feitas por Langevin em Lisboa, Porto e Coimbra no seu trabalho intitulado *A Relatividade: Objecções, para-*

⁽⁴⁵⁾ COUTINHO, Gago: (1926). p. 83-84

⁽⁴⁶⁾ COUTINHO, Gago: (1930). p. 23-24

doxos, cálculos aritméticos, publicado em 1930, Gago Coutinho comentou que as recentes conferências, em Lisboa, de Paul Langevin, vieram de novo focar a *Theoria da Relatividade*, que uns consideravam como um *raffinement da Ciência*, ao passo que outros a taxavam de *alucinação futurista*, que pretendia amesquinhar a Mecânica. Nos seus comentários ironizava afirmando que para os relativistas, sem luz não haveria movimento, nem máquinas, nem velocidade. Gago Coutinho comentava que estes, para justificar a necessidade da aplicação das suas fórmulas, começaram por aceitar que o *único meio lógico* de que dispomos para sincronizar os relógios afastados – dos quais dependia a velocidade – era fornecido pelos sinais luminosos, ou electromagnéticos. Considerava que as fórmulas que traduzem analiticamente o problema da Relatividade Restrita, podiam ser deduzidas partindo das hipóteses clássicas usuais, sobre distâncias rígidas e tempo absoluto, a que corresponderia a noção de só ser simultâneo o que se passar à mesma hora de relógios idênticos, certos uns pelos outros na ocasião do seu contacto. Fazia-se assim, nas horas e simultaneidades, uma distinção entre reais, ou *absolutas*, e *relativistas* ou aparentes.⁽⁴⁷⁾

Gago Coutinho colocava várias objecções à argumentação relativista. Fundamentava o seu ponto de vista fazendo notar que para que as circunstâncias fossem absolutamente idênticas em todos os sistemas móveis, e para que os seus habitantes pudessem todos verificar a isotropia da Luz, por exemplo, seria necessário aceitar que os relâmpagos luminosos, partidos do mesmo foco original, caminhassem independentes nos vários sistemas. Assim, num ponto comum de contacto veríamos passar, em instantes diferentes, relâmpagos partidos no mesmo instante do foco, o que afirmava ser um absurdo. A Relatividade procurava resolver esta dificuldade garantindo a isotropia sem que o mesmo relâmpago se dividisse. Para isso assentou em que os habitantes dos sistemas móveis, fiados na aparência dos fenómenos, poderiam ignorar as noções absolutas. As deformações aparentes, tanto das dimensões como dos tempos, eram devidas à falta de simultaneidade real das observações feitas pelos habitantes dos sistemas móveis, ignorantes da existência de um sistema privilegiado, onde a Luz se propaga sem produzir deformações aparentes.

Na fundamentação das suas críticas à Teoria da Relatividade, Gago Coutinho considerava que, apesar dos seus artifícios engenhosos, os relativis-

⁽⁴⁷⁾ COUTINHO, Gago: (1926). p. 79

tas não conseguiram libertar-se do *tempo absoluto*. Afirmava que entre os múltiplos sistemas rectilíneos, dotados de movimentos uniformes, que se podiam considerar justapostos em coincidência constante, aos quais aplicava a hipótese da isotropia relativista, havia sempre um, cujos relógios estavam regulados pelos próprios relativistas exactamente como se a Luz nele se propagasse instantaneamente. Este sistema *privilegiado* teria relógios de marcha mais rápida do que todos os outros, e como tais relógios eram independentes da velocidade de propagação da Luz, eles eram os únicos idênticos aos relógios comuns. As velocidades determinadas por meio desses relógios do sistema privilegiado, com distâncias não deformadas, eram pois as *velocidades comuns*, as quais se compunham por soma.⁽⁴⁸⁾ Para Gago Coutinho, Einstein foi mais restrito na sua resolução deste problema fundamental, e considerou, não o caso geral de um número de sistemas indefinido, com os seus relógios regulados todos pelo mesmo relâmpago luminoso, produzido em um ponto de contacto comum, mas agrupou os sistemas aos pares independentes. Admitiu assim mais uma hipótese que, segundo ele, não tinha experiência a confirmar: *em cada par de sistemas rectilíneos a propagação da Luz é simétrica nos dois sentidos opostos; portanto, as deformações ópticas dos tempos e distâncias são idênticas, ou recíprocas*.

A confirmação da Teoria da Relatividade estava, segundo Gago Coutinho, condicionada por questões práticas. Considerava impraticável comparar ou fotografar os objectos animados de velocidades de muitos milhões de metros por segundo, para lhe constatar as deformações. Assim, segundo ele, os fenómenos previstos só se discutiam em teoria; e, por outro lado, todas as deformações, tanto de extensão como de tempo, que os relativistas previam, só podiam derivar da existência teórica de relógios cuja marcha fosse absolutamente constante, apesar do seu estado de movimento. Considerava que os relativistas estavam em contradição porque, afinal, recorriam ao mesmo transporte mecânico do tempo por meio de cronómetros, o qual servia de base – para eles inaceitável – da Mecânica Clássica. Ora este recurso em teoria, para Gago Coutinho, era tão eficaz como os relâmpagos luminosos, seja para definir a mesma hora no mesmo instante, em vários pontos afastados de um sistema móvel, seja para dar aos seus relógios a *décalage* – ou regulação de horas em progressão aritmética – que a Relatividade impunha, para tornar geral a todos os sistemas a *isotropia*, ou constância da velocidade

⁽⁴⁸⁾ COUTINHO, Gago: (1930). p. 17

de propagação da Luz.⁽⁴⁹⁾ Esta *isotropia* servia de agente para regulação dos relógios afastados. O conceito de *simultaneidade relativista* podia ser apresentado com o seguinte exemplo: *se nos colocarmos a meio da linha recta que os une, e virmos chegar simultaneamente dois relâmpagos lá produzidos, tais relâmpagos terão partido de lá, daqueles relógios equidistantes, à sua mesma hora.*⁽⁵⁰⁾

Gago Coutinho considerava que tal hipótese, aparentemente tão inocente como um axioma, trazia algumas consequências imprevistas. Fazia notar que embora todos tenhamos uma concepção comum, racional e perfeita do *mesmo instante absoluto*, o qual se refere a factos passados em pontos diferentes, ao mesmo tempo (o que verificaríamos se entre eles nos transportássemos *instantaneamente*, em teoria ou em pensamento), considerando assim *simultâneo* o que se passa à mesma hora de relógios idênticos (regulados previamente em contacto), para os relativistas só é simultâneo o que se passar à mesma hora dos relógios locais, regulados pelo *processo dos relâmpagos equidistantes*. O cálculo mostrava que esta *simultaneidade* era diferente da absoluta; mas *ambas* as simultaneidades, tanto a relativista como a absoluta, se prestavam a, teoricamente, lhe prevermos as consequências.⁽⁵¹⁾ Para justificar a necessidade da aplicação das suas fórmulas novas a este caso, os relativistas começavam por aceitar que o *único meio lógico* de que se dispunha para sincronizar os relógios afastados – dos quais dependia a velocidade – era fornecido pelos sinais luminosos, ou electromagnéticos.

Contrariando as afirmações dos relativistas, Gago Coutinho afirmava que o *absoluto* tem existência real. Referia mesmo que ele começou por ser aceite pelos relativistas na dedução das suas fórmulas, dedução que partiu de uma posição instantânea dos sistemas, ou seja do instante absoluto, para prever o instante e aspecto óptico. Na sua opinião, a existência desse instante absoluto e tão real, que resultava de fórmulas elementares e indiscutíveis, as quais, partindo de dados de observação directa – como seriam as coordenadas, ou horas locais dos pontos de contacto de vários sistemas, iluminados pela passagem do relâmpago sincronizante – permitiam calcular tanto a *hora óptica* como a *absoluta*, correspondente a essa posição dos sistemas, ou seja a esse instante. Na sua análise concluía que não foi a nossa impotência para atingir pratica-

(49) COUTINHO, Gago: (1930). p.11

(50) COUTINHO, Gago: (1930). p. 12

(51) COUTINHO, Gago: (1930). p. 13

mente o absoluto, que impôs a Relatividade. Na verdade, ao lado desta Mecânica Óptica, *fundada numa maravilhosa propagação da luz*, continuava existindo a Mecânica Clássica, que permitiu deduzir as fórmulas da Relatividade, como permitiria deduzir outras, sónicas, hidráulicas ou gravimétricas, fundadas na isotropia do som, da luz na água, ou da gravitação. A multiplicidade destas isotropias tornava-as incompatíveis e arrastaria consequências absurdas. Na sua opinião, deveriam, portanto, ser postas todas de parte.⁽⁵²⁾

Os artigos publicados por Gago Coutinho mereceram uma forte reacção, entre as quais se conta um artigo publicado no mesmo ano por Manuel dos Reis, na *Seara Nova*.

Manuel dos Reis

Pouco tempo após a publicação do artigo de Gago Coutinho, no qual formulava a interrogação – *Será a Relatividade em princípio absurda?* – a argumentação anti relativista do almirante foi vivamente refutada noutro artigo da autoria de Manuel dos Reis, também publicado na *Seara Nova* (nº 207 – 1930), com o título *A Teoria da Relatividade e o absurdo duma crítica*. Neste artigo, começou por apresentar algumas considerações sobre a Teoria da Relatividade, passando depois à contestação do controverso artigo de Gago Coutinho.⁽⁵³⁾

Para Manuel dos Reis era incontestável que a célebre experiência efectuada por Michelson em 1881, e depois repetida com precaução crescente, confirmou a isotropia da propagação da luz. Baseado nesta experiência, Lorentz tentou salvar a hipótese do éter, explicando este resultado por uma contracção longitudinal absoluta dos corpos em movimento. Contudo, surgiram outras experiências, ópticas e eléctricas, concordantes com a de Michelson e inexplicáveis pela simples hipótese da contracção: a de Trouton e Noble e a de Rayleigh e Brace. Estas experiências convenceram Lorentz de que a electrodinâmica tinha errado gravemente negando o princípio da relatividade. Porém, ao reparar o erro, o célebre físico persistiu na sua intenção de salvar a hipótese do éter. Manuel dos Reis considerava que o resultado foi chegar a

⁽⁵²⁾ COUTINHO, Gago: (1930). p. 31

⁽⁵³⁾ REIS, Manuel dos: (1930). p. 227 – 233, 264 – 271

uma teoria que, *se não fora o embaraço cronológico, justamente poderia denominar-se uma caricatura da parte cinemática e electrodinâmica da teoria de Einstein*. Lorentz começou por considerar que não havia relatividade electrodinâmica real. Contudo, a aparência parecia mostrar o contrário, e a razão fundamental disto é que o observador animado de translação uniforme, quando crê utilizar medidas exactas de espaço e de tempo, utiliza medidas incorrectas. O resultado das experiências conduziam à ideia de que o movimento através do éter contraía as réguas métricas, destruía o sincronismo e retardava a marcha dos relógios, sem que o observador pudesse adquirir consciência de tais alterações. As fórmulas de transformação das coordenadas absolutas de espaço e tempo obtidas por Lorentz são idênticas às que Einstein devia reencontrar um ano depois na sua memória fundamental sobre a relatividade (1905).⁽⁵⁴⁾

Perante os recentes resultados experimentais, a cinemática clássica tornou-se insustentável. Com efeito, as equações fundamentais da electrodinâmica não deviam mudar de forma pela passagem dum a outro sistema de inércia. Contudo a transformação de Galileu alterava a forma daquelas equações. Manuel dos Reis salientava o facto de que esta transformação conservava a forma das equações da mecânica newtoniana, mas a experiência que verifica estas equações limitava-se apenas a velocidades muito pequenas em relação à maior velocidade conhecida, a da luz no vácuo, enquanto as equações da electrodinâmica eram verificadas por uma experiência *riquíssima e de alta precisão*. Assim, a cinemática clássica só tinha validade para as pequenas velocidades, dado que só nestas condições a transformação de Galileu deixava invariante a forma das equações da mecânica newtoniana. Mas parecia haver outra dificuldade. O carácter absoluto do tempo e da métrica de espaço, conforme à concepção ordinária destas duas formas expressamente formuladas por Newton como base da Física clássica, constituíam argumentos muito fortes para salvar a cinemática galileana, pelo que aparentemente parecia inatacável, considerando-se intangível.

Manuel dos Reis reforçava a ideia de que as medidas de espaço e de tempo pressupõem teoricamente que em todos os sistemas de referência estão distribuídos localmente réguas rígidas e relógios, umas e outros da mesma construção. Neste contexto o tempo absoluto teria realidade se existissem

⁽⁵⁴⁾ REIS, Manuel dos: (1930). p. 228

sinais instantâneos a distância e se o movimento não influísse na marcha dum relógio. A emissão de sinais desse género permitiria estabelecer o sincronismo de todos os relógios ou verificá-lo num instante qualquer. Analogamente, a métrica de cada espaço de referência seria absoluta se o movimento não influísse no comprimento da régua. Mas, recordava Manuel dos Reis, não há sinais instantâneos à distância, nem certeza de que o movimento é indiferente ao comprimento duma régua ou a marcha dum relógio. Deste modo, as noções de tempo absoluto e métrica absoluta deveriam ser revistas. A validade das equações da electrodinâmica em todos os sistemas de inércia tinha como consequência imediata que a velocidade da Luz (no vácuo) devia ser uma constante universal. Assumindo-se esta proposição (confirmada directamente pela experiência de Michelson) como um segundo princípio, que se devia juntar ao princípio da relatividade, tinha-se como consequência um tempo próprio em cada sistema de inércia e era por meio de sinais luminosos que se verificava a perfeição e se realizava o sincronismo dos relógios do sistema.

As equações fundamentais da cinemática de Einstein, que relacionam as coordenadas de espaço e tempo dum acontecimento em dois sistemas de inércia quaisquer (transformação de Lorentz) eram uma consequência destes dois princípios. Manuel dos Reis concluía que destas equações:

- O tempo não é absoluto
- Para cada sistema, os relógios do outro sistema marcham mais lentamente que os seus e não são todos síncronos entre si
- A métrica espacial não é absoluta
- Para cada sistema, as réguas unitárias não transversais do outro sistema são mais curtas que as suas.

Estes efeitos são praticamente nulos para as velocidades ordinárias da natureza, mas se tornam enormes para velocidades pouco inferiores à da luz. A velocidade da luz não pode ser atingida pelos corpos nem ultrapassada por nenhuma outra propagação. Espaço e tempo são formas relativas, mas fundem-se numa forma de quatro dimensões (universo, *Welt* de Minkowski) e esta é absoluta. Manuel dos Reis partilhava a ideia de que o universo só é acessível ao entendimento. Por natureza, a percepção decompõe-o em espaço e tempo, diferente segundo o sistema rígido a que está ligado o observador. ⁽⁵⁵⁾

⁽⁵⁵⁾ REIS, Manuel dos: (1930). p. 229

Manuel dos Reis destacava o facto de que a Teoria da Relatividade conduzia a uma mecânica diversa da newtoniana. O próprio conceito de massa deveria ser reformulado. Também ela passava a assumir um carácter relativo. Com efeito, a massa aumenta com a velocidade tendendo a tornar-se infinita se a velocidade se aproxima indefinidamente da velocidade da luz. Manuel dos Reis salientava que o produto deste aumento de massa pelo quadrado de velocidade da luz era justamente igual à energia cinética. Considerava que se estava perante um caso particular da *lei da inércia da energia*, segundo a qual toda a energia possui massa e reciprocamente. Para Manuel dos Reis, energia e massa não são essências distintas mas sim aspectos diferentes duma essência única.

Os artigos de Gago Coutinho e de Manuel dos Reis constituíram o ponto de partida de um largo debate público que se estendeu por toda a década de trinta, tanto através de opúsculos como em publicações na imprensa periódica. Neste debate assumiram particular destaque nomes como Rui Luís Gomes e Abel Salazar.

Bibliografia

- BASTO, Egas Ferreira Pinto - *Theoria dos Electrões*. (1ª parte). Coimbra : Imprensa da Universidade. 1908
- BASTO, Egas Ferreira Pinto - *Theoria dos Electrões*. (2ª parte). Coimbra : Imprensa da Universidade, 1908
- BASTO, Álvaro José da Silva - *Os raios cathódicos e os raios X de Röntgen*. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1897
- BASTOS, Henrique Teixeira - *Raios X de Rontgen. O Instituto*. Vol. XLIII, p 38 - 41, 275 - 279.
- BASTOS, Henrique Teixeira - *Theoria Electromagnetica da Luz*. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1885.
- CARVALHO, J. A. Simões de - *Memória Histórica da Faculdade de Filosofia*. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1872.
- COIMBRA, Leonardo - *O criacionismo : esboço de um sistema filosófico*. Porto : Biblioteca da Renascença Portuguesa, 1912
- COIMBRA, Leonardo - *As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico. Águia*. Nº 3, (Set. 1922), p. 96-109

- COIMBRA, Leonardo - *Obras de Leonardo Coimbra*. Porto : Lello & Irmão, 1983
- COIMBRA, Leonardo - O princípio da Relatividade Restrita. *A Águia*. Vol. X (XXX) 3ª Série. (Abr./Jun. 1922), p. 73-81
- COIMBRA, Leonardo - *A razão experimental : lógica e metafísica*. Porto : Renascença Portuguesa; Rio de Janeiro : Anuario do Brasil, 1923
- COSTA, Augusto Ramos da - *Espaço, matéria, tempo ou triologia einsteiniana*. Lisboa : Imp. Lucas, 1923
- COUTINHO, Gago - *Tentativa de interpretação simples da "Teoria da relatividade restrita"*. Coimbra : Imp. da Universidade, 1926. Sep. de "O Instituto", 73 (3)
- COUTINHO, Gago - *A Relatividade : Objecções, paradoxos, cálculos aritméticos*. Tip. «Seara Nova». 1930. p. 23-24.
- COUTINHO, Gago - *Será a relatividade em princípio absurda? : a relatividade ao alcance de todos*. Seara Nova. Nº 200, 203, 210. 1930. p. 115-123, 163-168, 284-285
- FITAS, Augusto J. Santos - A Teoria da Relatividade em Portugal no Período entre guerras. *Gazeta de Física* (27), Fasc. II. 2004. p. 4-10
- FREIRE, Francisco de Castro - *Memória Histórica da Faculdade de Mathematica*. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1872
- GIRÃO, António Luiz Ferreira - *A Theoria dos Atomos e os Limites da Sciencia*. Porto : Livraria e editor João E. da Cruz Coutinho, 1879
- LIMA, J. M. de Almeida - *A Física perante as teorias de Einstein*. Lisboa : Imprensa Nacional. 1921
- LOBO, Costa - Explicação Física da Atracção Universal. *O Instituto* (61) 1917; p. 611-613.
- MAGALHÃES, João de - *O Rádio e a Radioactividade*. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1906
- MAGALHÃES, João de - O Rádio e a Radioactividade. Coimbra. *O Instituto*. 1906 - 1907. (53) p. 309- 314; 357-365; 433-440; 485-493; 551-561; 614-622; 684-694; 726-737; (54) p.37-46; 98-111; 154-155.
- MARTINS, Décio Ruivo - As ciências Físico-matemáticas em Portugal e a Reforma Pombalina. In *O Marquês de Pombal e a Universidade*. Coord. Ana Cristina Araújo. Coimbra : Imprensa da Universidade. 2000. p. 193-262.
- MARTINS, Décio Ruivo - *A ciência em Coimbra no século XIX*. Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica. Ed. Comissão Organizadora do Congresso - Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Évora. Setembro de 2001. p. 333-345.

- NAZARETH, Francisco Martins de Souza - *Ionização dos gases em vaso fechado*.
Coimbra : Imprensa da Universidade, 1915
- REIS, Manuel dos - *O problema da gravitação universal*. Coimbra : Imprensa da
Universidade, 1933
- REIS, Manuel dos - A Teoria da Relatividade e o absurdo duma crítica. *Seara Nova*.
1930, nº 207. 1929-1930. p. 227- 233, 264- 271
- SIMAS, M.S. de Melo e - A teoria da relatividade. *Dados Astronómicos para os
Almanaques de 1924 para Portugal*. Lisboa : Imprensa Nacional, 1922
- SOARES, Armando Cyrilo - *O conceito de matéria na evolução das teorias físicas :
dissertação*. Lisboa : Of. Gráfica da Biblioteca Nacional, 1922

(Página deixada propositadamente em branco)

A GÊNESE DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL OU A LONGA HISTÓRIA DO PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA

Paulo Crawford (*)

O Ano Internacional da Física comemora o centenário das publicações de Albert Einstein de 1905, cinco publicações em três áreas distintas que mudaram a forma como se olha a física. Neste artigo optámos por nos centrar na génese da teoria da relatividade geral, a teoria da gravitação de Einstein que nasce da preocupação de estender o princípio da relatividade a todos os observadores. Por isso, neste trabalho se dá uma atenção muito particular ao papel do princípio da equivalência (PE), que vai permitir a Einstein lidar com estas duas questões: a gravidade e os observadores acelerados. Num outro artigo neste volume, discutem-se os problemas da recepção e apropriação da relatividade em Portugal, no rescaldo da expedição à ilha do Príncipe para verificar o encurvamento dos raios luminosos rasando o Sol durante um eclipse, uma das previsões da teoria de Einstein cuja construção foi acompanhada de metamorfoses sucessivas do PE.

O PE foi um critério de grande utilidade na construção da teoria da gravitação de Einstein. Não só lhe permitiu generalizar a relatividade dos movimentos uniformes aos movimentos acelerados, como lhe proporcionou a antevisão de algumas das previsões da teoria final, bem como contribuiu para a transposição de etapas marcantes, ao mesmo tempo que foi evoluindo à medida que a teoria se aproximava da sua forma definitiva.

(*) Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa

«O pensamento mais feliz da minha vida»

Einstein completou a sua teoria da relatividade geral em Novembro de 1915, após um longo percurso de oito anos que se inicia com uma reflexão acerca da equivalência entre movimento acelerado e gravidade. Ao postular que um observador não pode distinguir os efeitos da gravidade dos da aceleração, se observar o fenómeno na sua vizinhança imediata, Einstein estende a relatividade do movimento a todos os observadores, ao mesmo tempo que constrói uma nova teoria da gravitação; desta forma ultrapassa a limitação da relatividade restrita, que estabelece uma equivalência para uma classe privilegiada – os observadores inerciais. Na presença de um campo gravitacional é indispensável poder considerar observadores acelerados.

Realmente Einstein não ficou satisfeito com a relatividade restrita por muito tempo. Sentia uma forte necessidade de generalizar o princípio da relatividade dos movimentos uniformes aos movimentos arbitrários. E, em 1907, ao preparar um artigo de revisão encomendado por Johannes Stark, tem a ideia brilhante de analisar (localmente) um campo gravítico, no referencial de um observador em queda livre. Conforme recorda num artigo publicado em 1919: «Então ocorreu-me o pensamento mais feliz [*die glücklichste Gedanke*] da minha vida [...] tal como o campo eléctrico gerado pela indução electromagnética, o campo gravitacional só tem uma existência relativa. Porque, para um observador em queda livre do telhado de uma casa, não existe campo gravitacional durante a queda. O facto experimental da aceleração devida à gravidade não depender do material é assim um argumento poderoso para estender o postulado da relatividade aos sistemas em movimento relativo não uniforme.» (Pais, 178).

A extensão do postulado da relatividade traz, no entanto, alguns problemas. Dados dois observadores com aceleração um em relação ao outro, qualquer deles pode afirmar que está em repouso se aceitar ignorar a presença ou não de um campo gravitacional. Vamos ilustrar isto com duas situações.

Primeiro consideremos o caso do observador X, a cair do telhado como no exemplo de Einstein. Por breves momentos, sentir-se-á como um astronauta moderno a descrever uma órbita circular em torno da Terra numa nave espacial. Seja agora o observador Y alguém que observa o infeliz a cair do telhado a acelerar durante a queda, a partir do conforto do seu laboratório, em repouso no campo gravítico da Terra. Para o observador X, em queda livre, não parece haver campo gravitacional. Se desejar, pode afirmar que ele está em repouso e que Y está acelerando para cima.

Num segundo exemplo, imaginemos dois astronautas lado a lado, à deriva no espaço vazio distante, longe dos efeitos de qualquer campo gravítico. Um deles, astronauta A, liga num certo instante os motores da sua nave e inicia um movimento acelerado. De acordo com o astronauta B, em movimento uniforme, A está acelerado; porém, se quiser, A poderá admitir que está em repouso num campo gravitacional que surgiu de repente quando os seus motores foram ligados, e que a nave de B está em queda livre nesse campo gravitacional.

É fácil concluir que a «relatividade da aceleração» nestes dois exemplos é diferente da relatividade do movimento uniforme na relatividade restrita. Enquanto os observadores em movimento relativo uniforme são totalmente equivalentes do ponto de vista das leis físicas, os dois observadores em movimento relativo não uniforme não são. Em primeiro lugar, a hipótese (1a), a queda livre num campo gravitacional, é diferente da hipótese (1b), a resistência à atracção gravítica. Em segundo lugar, estar à deriva no espaço vazio (2a), em movimento uniforme, é diferente de acelerar no espaço exterior (2b). Em ambos os casos a «relatividade da aceleração» não traduz relatividade do movimento no sentido de uma equivalência de estados. Porém, o par (1a)-(2a): a queda livre num campo gravítico e o movimento uniforme no espaço exterior (situações do observador X e astronauta B), bem como o par (1b)-(2b): resistindo à atracção gravítica e acelerando no espaço exterior, são situações (localmente) equivalentes (situações do observador Y e astronauta A).

Justifica-se plenamente o entusiasmo de Einstein pela «pela ideia mais feliz da sua vida», mas vemos que isso não lhe permite generalizar em absoluto a equivalência entre todos os movimentos acelerados. O princípio de Galileu, segundo o qual todos os corpos caem com a mesma aceleração num campo gravitacional, não tem uma explicação na teoria de Newton. Foi incorporado nesta teoria através da igualdade numérica entre massas inerciais e massas gravitacionais. Mas esta coincidência não é aqui explicada. Einstein conclui correctamente que esta igualdade sugere uma conexão íntima entre aceleração e gravidade, a que chamou PE. Este princípio foi crucial na construção da sua teoria da gravitação, mas só quando a concluiu em Novembro de 1915 foi possível depreender exactamente a natureza desta conexão. Isto não o impediu de confiar fortemente no PE desde o início.

Einstein não é o único físico a tentar conciliar a teoria da gravitação com o princípio da relatividade, mas é o único que procura estender este princípio aos observadores acelerados. Pelo contrário, outros físicos procuraram incor-

porar a gravidade directamente na teoria da relatividade restrita. Seria talvez razoável pensar-se que essa era a tentativa mais lógica: conciliar a teoria da gravitação de Newton com os recentes conceitos de espaço e de tempo nascidos com a relatividade restrita de Einstein. E, na verdade, alguns investigadores mostraram que era possível construir uma teoria consistente a partir dessas duas. Então por que é que Einstein rejeitou essa formulação? Precisamente porque um tal casamento contrariava o seu PE.

Como a aceleração no espaço-tempo de Minkowski equivale à sensação de resistir à atracção da gravidade, Einstein foi capaz de deduzir algumas características dos campos gravitacionais a partir do estudo de movimentos acelerados no espaço-tempo de Minkowski, muito antes de ter completado a sua teoria. Em particular, examinou a situação de um observador num disco a rodar em torno de um eixo que passa pelo centro. Apelando ao PE, pensou que o observador em rotação com o disco podia considerar-se em repouso e atribuir a força centrífuga devida à aceleração centrípeta à existência de um campo gravitacional centrífugo. Formulou em seguida a questão: qual é a razão entre o perímetro do disco e o seu raio para um observador em rotação com o disco e a para um outro observador próximo mas em repouso? O observador em repouso dará a resposta da geometria euclidiana e dirá que é 2π ; mas o observador em rotação, para quem as réguas colocadas ao longo da circunferência do disco estão contraídas no sentido do movimento, dirá que a razão é maior do que 2π , visto que o raio do disco fica inalterado e são necessárias mais réguas para perfazer o perímetro do disco. Isto significa que, para esse observador, a geometria espacial do disco a rodar não é euclidiana. Einstein é assim levado a pensar que para um observador num campo gravitacional, de acordo com o PE, a geometria espacial também não deverá, em geral, ser euclidiana. A análise deste problema deve ter contribuído decisivamente para a ideia de representar a gravidade pela curvatura do espaço-tempo (Howard e Stachel, 48-62).

Princípio da equivalência e espaço-tempo curvo

Reconhecendo que a gravidade faz parte do tecido do espaço-tempo, como se depreende da análise do disco a rodar, é possível dar uma formulação mais precisa do PE. Na linha da analogia que Einstein usou em 1919, citada acima, a relatividade restrita permitiu clarificar como os campos eléctricos e magnéticos são partes de uma única entidade, o campo electromagnético, que se separa

nas componentes eléctrica e magnética para diferentes observadores. De modo semelhante, a relatividade geral clarifica como a estrutura inercial do espaço-tempo e o campo gravitacional não são duas entidades separadas mas duas componentes de uma única entidade, o campo inércio-gravitacional. A estrutura inercial determina as trajectórias das partículas livres. A gravidade afecta igualmente todas as partículas, independentemente da sua natureza, desviando-as das trajectórias livres. Estas regras são observadas por *todas* as partículas, e determinadas pela mesma entidade, o campo inércio-gravitacional representado pelo espaço-tempo curvo. A conexão entre aceleração (ou inércia) e gravidade traduz-se por uma unificação dos conceitos e não pela redução de um conceito ao outro, como aconteceu quando discutimos acima a ‘relatividade da aceleração’ e a aceleração foi reduzida à gravidade.

Vejamos então como devemos descrever o movimento não uniforme neste novo quadro. A queda livre num campo gravitacional (1a) e o movimento uniforme no espaço vazio (2a) são ambos representados como movimentos ao longo das linhas mais direitas possíveis de uma geometria que em geral será a de um espaço-tempo curvo. Essas linhas são chamadas *geodésicas*. Resistir à atracção da gravidade (1b) e acelerar no espaço exterior (2b) são duas situações ambas representadas por trajectórias não-geodésicas. E visto que não é possível transformar geodésicas em não-geodésicas ou vice-versa por uma mudança de referencial, existe uma diferença absoluta entre (1a) e (1b), assim como entre (2a) e (2b). Logo, o conceito de aceleração absoluta persiste quer na relatividade restrita quer na relatividade geral devido à distinção absoluta entre movimento geodésico e não-geodésico.

Mas Einstein não desistiu facilmente da sua cruzada contra o movimento absoluto. Tendo compreendido que a gravidade se manifestava através da curvatura do espaço-tempo, avança com uma nova estratégia para estender o princípio da relatividade do movimento uniforme a qualquer estado do movimento. Para conseguir descrever o espaço-tempo curvo, Einstein começou por recordar, quando ainda se encontrava em Praga, o que havia estudado sobre a teoria das superfícies do grande matemático alemão do século XIX Carl-Friedrich Gauss. No caso de uma superfície a duas dimensões, como a superfície da Terra, precisamos de um mapa, uma grelha que associa a cada ponto da superfície duas coordenadas, e um conjunto de números que convertem distâncias coordenadas, ou seja, distâncias medidas no mapa, a distâncias reais medidas na superfície. Este conjunto de números forma um quadro com as componentes de um objecto conhecido por *tensor métrico*. Em

geral estes quadros de números são diferentes de ponto para ponto. A conversão de distâncias coordenadas em distâncias físicas na superfície é assim dada por um campo, o *campo tensorial métrico*, que associa um tensor métrico a cada ponto.

Vamos exemplificar com um exemplo muito simples. Num mapa da Terra, os países mais próximos do equador parecem mais pequenos do que os países próximos dos pólos. Os factores de conversão das distâncias coordenadas (do mapa) em distâncias físicas reais (na superfície da Terra) são, portanto, maiores junto do equador do que nos pólos. O campo tensorial métrico varia de ponto para ponto, tal como o campo electromagnético. Além disso, no mesmo ponto, o factor de conversão das distâncias na direcção norte-sul difere do factor de conversão das distâncias leste-oeste. O tensor métrico num ponto varia de modo diferente em diferentes direcções.

Para lidar com espaços-tempo curvos a quatro dimensões, Einstein teve que recorrer à geometria diferencial de Bernhard Riemann, Gregorio Ricci e Tulio Levi-Civita, para o que beneficiou do apoio do seu amigo e colega Marcel Grossmann. No caso do espaço-tempo quadri-dimensional da teoria de Einstein, o tensor métrico, que tem dez componentes independentes, desempenha um duplo papel: descreve a geometria do espaço-tempo e o próprio campo gravitacional. A energia – quer a residente na matéria quer a que reside nos outros campos além do gravitacional – é a fonte dos campos gravitacionais que satisfazem equações diferenciais de segunda ordem no campo métrico. Para completar o seu edifício Einstein teve que obter estas equações, chamadas equações de campo para o campo tensorial métrico.

Einstein esperava encontrar equações de campo que mantivessem a sua forma numa transformação geral das coordenadas. Quando isto acontece, a descrição esboçado no parágrafo anterior conduz-nos a equações que satisfazem o chamado princípio da *covariância geral*. Isto significa que podemos associar qualquer sistema de coordenadas (bem comportadas) aos pontos do espaço-tempo. Claro que cada uma dessas escolhas é automaticamente acompanhada pelos seus próprios factores de conversão de distâncias e tempos coordenados em distâncias e tempos físicos. Ou seja, o tensor métrico, com a informação sobre a geometria do espaço-tempo, será representado por diferentes funções matemáticas consoante as coordenadas respectivas. Einstein acreditava que, se obtivesse equações de campo geralmente covariantes, toda a sua teoria seria invariante numa transformação arbitrária das coordenadas e isso seria suficiente para garantir a extensão do princípio da relatividade a

observadores arbitrários. Na verdade, na relatividade restrita, a invariância de Lorentz exprime a relatividade do movimento uniforme. Assim se compreende o raciocínio de Einstein: estendendo a invariância de Lorentz à invariância numa transformação arbitrária das coordenadas, automaticamente estendemos a relatividade do movimento uniforme à relatividade dos movimentos arbitrários. Mas aqui Einstein enganou-se.

O raciocínio de Einstein não funcionou porque estamos perante duas tradições diferentes da geometria do século XIX. O trabalho de Minkowski sobre a relatividade restrita insere-se na tradição da geometria projectiva, associada com o chamado *Erlangen Program* de Felix Klein. Nesta abordagem começa-se com a descrição exhaustiva do espaço-tempo e depois reduzimo-la aos seus fundamentos essenciais, atribuindo a realidade unicamente aos elementos que são invariantes perante um grupo de transformações que relaciona diferentes perspectivas sobre o espaço-tempo. Este grupo de transformações é depois directamente relacionado com um certo princípio, sendo a mais famosa aplicação o caso do princípio da relatividade, na formulação de Minkowski, que é assim associado ao grupo de transformações de Lorentz.

A relatividade geral está na tradição da geometria diferencial de Gauss e Riemann. Nesta abordagem começa-se com o conjunto dos pontos do espaço-tempo despidos de todas as suas propriedades e só depois se adicionam as estruturas geométricas mínimas necessárias para definir distâncias e linhas geodésicas no espaço-tempo. Para garantir que as novas estruturas descrevem unicamente características intrínsecas do espaço-tempo, exige-se que a descrição seja geralmente covariante, isto é, que não depende da escolha de coordenadas. Trata-se de um procedimento que pode ser aplicado a qualquer espaço-tempo, mas só em certos casos o espaço-tempo resultante possui simetrias, como a invariância de Lorentz no espaço-tempo de Minkowski, que exprimem a equivalência entre diferentes referenciais e traduzem algum princípio da relatividade. No caso geral não há simetrias e portanto nenhum princípio da relatividade. Isto mostra que a covariância geral não impõe restrições às leis físicas, nem garante a generalização da relatividade (Kretschmann).

A sobrevivência do espaço(-tempo) absoluto

Antes de ter obtido as suas equações geralmente covariantes em Novembro de 1915, Einstein publicou em colaboração com Marcel Grossmann equações

não covariantes. Durante mais de dois anos, entre 1912 e 1915, Einstein manteve aliás um argumento falacioso, embora aparentemente profundo, para justificar por que motivo as equações de campo do tensor métrico não podiam ser covariantes. Segundo este argumento, as equações geralmente covariantes tinham um problema porque a mesma fonte aparentemente dava origem a dois campos métricos diferentes, contrariamente ao que se espera destas equações que é determinar unicamente qual o campo produzido por uma dada fonte (Howard e Stachel, 63-100; Earman, cap. 9). Einstein só se libertou deste argumento porque ao examinar mais de perto os diferentes campos compatíveis com a mesma fonte verificou que eram idênticos. Na origem deste argumento residia o pressuposto de que os pontos do espaço-tempo podiam ser individualizados e identificados antes mesmo de serem especificadas as suas propriedades espacio-temporais. Se rejeitarmos esta hipótese o argumento cai pela base. Os alegados campos métricos só diferiam porque diferentes pontos sem estrutura ou características espacio-temporais tomavam a identidade dos mesmos pontos do espaço-tempo. Se os pontos do espaço-tempo não puderem ser individualizados e identificados independentemente das suas propriedades espacio-temporais, já não há diferenças entre os referidos campos tensoriais métricos. Ao concluir isto Einstein retomou as equações geralmente covariantes para descrever o campo gravitacional. Na sua primeira exposição sistemática da teoria em 1916 (Einstein et al. 1972, 141-214), percebe-se que Einstein ainda acreditava que a covariância geral garantia a relatividade do movimento arbitrário.

Mas ainda não tinha passado um ano após a construção da sua teoria geral e já Einstein estava a tentar modificá-la pois percebeu que, tal como estava, a teoria continha vestígios de espaço absoluto e movimento absoluto, duas noções que Einstein julgava ter banido completamente da física. No outono de 1916, o astrónomo holandês Willem de Sitter (Schulmann [et. al.], Vol. 8, 351-357) chama a atenção para o facto de Einstein ter usado as condições fronteira do espaço-tempo de Minkowski no cálculo dos tensores métricos de várias fontes, e assim reter um resíduo de espaço-tempo absoluto. Em 1917, no decurso de uma longa correspondência com De Sitter, Einstein pensou ter resolvido o problema com a introdução de um modelo estático, esfericamente esférico e espacialmente fechado do Universo, evitando a necessidade de condições fronteira no infinito simplesmente eliminando o infinito (Einstein [et al.] 1972, 225-241).

Para construir um modelo estático Einstein foi obrigado a introduzir nas suas equações o famoso «termo cosmológico», responsável por uma «força»

anti-grávica capaz de equilibrar a atracção da matéria no universo e evitar o seu colapso. Mas em breve De Sitter mostrar-lhe-ia com um contra-exemplo que isso não era verdade. De Sitter construiu um modelo cosmológico alternativo que satisfazia as equações de Einstein com termo cosmológico. Neste universo de De Sitter não existe matéria de modo que o espaço-tempo absoluto reaparece em toda a sua glória.

Como reacção ao modelo de De Sitter, Einstein formulou o que ele chamava o «princípio de Mach» (Janssen [*et. al.*], Vol. 7, Doc. 4): o tensor métrico do espaço-tempo é completamente determinada pela matéria do universo e não pode existir sem ela. Einstein estava convencido nessa altura que a introdução da constante cosmológica garantia que a relatividade geral satisfazia este princípio, apesar do contra-exemplo fornecido pela solução de De Sitter. E isto porque, para Einstein, o universo de De Sitter não era vazio, mas continha uma vasta quantidade de matéria aí escondida, segundo Einstein. E concluía que a relatividade geral satisfazia o dito princípio de Mach e assim estava finalmente estabelecida a relatividade dos movimentos arbitrários. Todo o movimento em relatividade geral é movimento em relação ao tensor métrico. Se o tensor métrico pode ser reduzido à matéria, falar de um tal movimento é pois uma forma de falar de movimento em relação à matéria. Parecia ser um argumento inteligente de Einstein mas, infelizmente, a partir de Junho de 1918 ficou claro que a solução de De Sitter não tinha nenhuma matéria escondida e que é um contra-exemplo genuíno do princípio de Mach. Daí em diante Einstein perderia o seu entusiasmo pelo dito princípio, e aceitou que o movimento em relação ao campo métrico nem sempre pode ser traduzido em movimento em relação à matéria. Nas suas lições de Princeton em Maio de 1921, Einstein reformulou a sua objecção contra o espaço(-tempo) absoluto definindo-o como: qualquer coisa que actua mas que não seja actuado por nada (Einstein 1956, 99-108). Contrariamente, o espaço-tempo curvo da relatividade geral é uma entidade física que não só actua sobre a matéria, dizendo-lhe como deve mover-se, mas também é actuado pela matéria que lhe diz como deve curvar (tendo-se aqui tomado de empréstimo uma conhecida frase de Misner [*et al.*], 5).

Esta posição de Einstein seria ainda reforçada com a descoberta da expansão do Universo, primeiro com os trabalhos teóricos fundamentais de Friedmann (1922, 1924) e Lemaître (1927) e depois com as observações de E. Hubble (1929), quando chamou a constante cosmológica o maior erro da sua vida. Mas foi Einstein, nas suas tentativas de generalizar a relatividade do

movimento, que lançou as bases da cosmologia relativista. Nesses anos, em que se assistiu ao desenvolvimento da relatividade geral, Einstein ainda haveria de contribuir com trabalho pioneiro sobre ondas gravitacionais, lentes gravitacionais e com a discussão das singularidades do espaço-tempo.

Conclusão

Por volta de 1920 Einstein volta-se para uma questão ainda mais ambiciosa: a construção de uma teoria clássica de campo, seguindo o modelo da relatividade geral, mas capaz de unificar o tecido do espaço-tempo (responsável pelos efeitos da gravidade) e o campo electromagnético de Maxwell-Lorentz. Nessa tentativa, em vez de reduzir a estrutura do espaço-tempo à matéria, Einstein esperava mostrar como a matéria poderia emergir deste campo unificado. Esta é a tarefa que o absorverá quase em absoluto até ao fim da sua vida em 1955. Especialmente nos seus últimos anos, a abordagem seguida por Einstein neste gigantesco esforço de unificação é sensivelmente diferente daquela que seguiu nos primeiros tempos. Em lugar de construir com base em dados empíricos seguros, passa a depender cada vez mais da pura especulação matemática. Numa das mais celebradas biografias de Einstein (Pais, 325-354) afirma-se sem reservas que o tempo para a unificação da física ainda não tinha chegado, e que *o trabalho de Einstein não conduziu a quaisquer resultados com interesse físico*.

Passados alguns anos, reconhecemos que essas primeiras teorias unificadas de Einstein representaram avanços significativos no sentido da unificação, que de alguma forma se reflectem nas teorias de supergravidade e de supercordas dos últimos 30 anos. Poderá perguntar-se por que razão os trabalhos de Einstein sobre a unificação não tiveram maior sucesso? Alguns sugerem que Einstein teria deixado de seguir a sua intuição física, e teria sido seduzido pelas novidades formais da matemática. Outros admitem simplesmente que Einstein estava à frente do seu tempo, pois mesmo que tivesse seguido a física contemporânea mais de perto, a informação disponível antes da sua morte era claramente insuficiente para que pudesse fazer um progresso significativo no sentido da unificação da física. Einstein esperava que uma teoria unificada pudesse resolver todos os enigmas da teoria quântica. O seu motivo para construir uma teoria de campo unificada não era estender o domínio da mecânica quântica mas antes encontrar uma alternativa à mecânica quântica.

Hoje os físicos que procuram construir uma teoria quântica da gravitação tomam a mecânica quântica como fundamental. Com isto Einstein não estaria provavelmente de acordo. Mas é certo que a maioria dos físicos teóricos seguem Einstein ao atribuir um papel central às ideias geométricas das novas teorias de unificação. A maior parte da comunidade dos físicos de partículas, por exemplo, acredita que a Teoria das Supercordas fornece um quadro apropriado para realizar o sonho de Einstein, embora ainda não exista uma evidência experimental para estas teorias.

Apesar do quadro actual ser muito diferente daquele que existia no tempo de Einstein, pode afirmar-se sem reserva que o seu trabalho realmente inspirou as modernas tentativas de unificação das interacções físicas. E mesmo alguns dos caminhos aparentemente sem retorno em que Einstein se meteu estão hoje novamente em análise, como é o caso da cruzada contra o movimento absoluto. Está actualmente a decorrer uma experiência da NASA, *Gravity Probe B*, que tenta detectar o arrastamento dos referenciais no movimento de rotação, um fenómeno primeiro investigado na linha da tentativa de Einstein de verificar o princípio de Mach. Por sua vez a constante cosmológica parece ter regressado em força na cosmologia moderna como a descrição fenomenológica mais simples da origem da aceleração da expansão do Universo descoberta recentemente por intermédio de observações de supernovas Tipo Ia. O caminho iniciado por Einstein há cerca de cem anos continua a ser percorrido por um número cada vez maior de investigadores, abrangendo áreas de investigação cada vez mais vastas.

Referências

- EARMAN, John - *World enough and space-time: absolute versus relational theories of space and time*. Cambridge, Mass : MIT Press, 1989
- EINSTEIN, Albert - *Collected papers*. M. Janssen, R. Schulmann [et. al.], orgs. Princeton : Princeton University Press, 2001. Vol. 7
- EINSTEIN, Albert - *The meaning of relativity*. Princeton : Princeton University Press, 1956. *O significado da relatividade com a teoria relativista do campo não simétrico*. Coimbra : Arménio Amado, 1958. Tradução portuguesa da 5ª edição pelo Prof. Mário Augusto da Silva
- EINSTEIN, Albert [et al.] - *O princípio da relatividade*. 1ª ed. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1972

- HOWARD, Don ; STACHEL, John, orgs. - *Einstein and the history of general relativity*. Boston : Birkhäuser, 1989
- KRETSCHMANN, E. - The physical meaning of the relativity postulate, A. Einstein's new and original relativity theory. *Annalen der Physik*. Leipzig. Band 53 (16) (1918), p. 575-614
- MISNER, Charles W. ; THORNE, Kip S. ; WHEELER, John Archibald - *Gravitation*. San Francisco : Freeman, 1973
- PAIS, A. - '*Subtle is the Lord...*' : the science and the life of Albert Einstein. New York : Oxford University Press, 1982. *Subtil é o Senhor : Vida e Pensamento de Albert Einstein*. Lisboa : Gradiva, 2^a edição 2004. Tradução portuguesa por Fernando Parente e Viriato Esteves
- SCULMANN, R. [et al.], orgs. - *Collected papers*. Princeton : Princeton University Press, 2002. Vol. 8

LIVROS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PUBLICADOS EM PORTUGAL SOBRE EINSTEIN E A RELATIVIDADE

Carlos Fiolhais* e Sandra Costa**

Existem, publicados em Portugal, numerosos livros de divulgação científica sobre Einstein e a relatividade. A fim de facilitar a sua consulta por estudantes, leigos e mesmo especialistas, enumeram-se aqui os títulos que são do conhecimento dos autores, com comentários curtos depois da respectiva ficha bibliográfica. A ordem é alfabética dentro de cada categoria, distinguindo-se os livros sobre Einstein, os livros sobre relatividade, os livros do próprio Einstein e livros infantis e juvenis. No final há ainda uma indicação de alguns manuais em português.

LIVROS SOBRE A VIDA E OBRA DE EINSTEIN

- Breithaupt, Jim, *Einstein*, Europa-América, 2003, tradução do original inglês *Einstein: A Beginner's Guide*, Hodder & Stoughton, 2000, por Luís Mascarenhas, 114 pp.

113

Uma introdução a Einstein e à sua obra para quem tenha muita pressa.

(*) Departamento de Física da Universidade de Coimbra e Centro de Física Computacional

(**) Sociedade Portuguesa de Física (Delegação do Centro)

- Carvalho, Daniel Duarte, *Albert Einstein e a Experiência do Conhecimento em Física: a religiosidade cósmica como sentimento fundamental do espírito científico*, Campo das Letras, 2002, 248 pp.

Tese de mestrado em Filosofia Moderna e Contemporânea defendida na Universidade do Porto. Um estudo um pouco académico, na colecção “Campo da Filosofia”. Sobre o mesmo tema é útil consultar a obra de Max Jammer *Einstein e a Religião* publicada no Brasil.

- Dias de Deus, Jorge e Peña, Teresa, *Einstein... Albert Einstein*, Gradiva, 2005, 144 pp.

Um livro pequeno e despretensioso de dois físicos portugueses que procura responder a algumas questões relacionadas com Einstein, o cientista e o homem. Está incluído na colecção “Ciência Aberta”.

- Kuznetsov, B., *Albert Einstein*, Vols. I e II, Presença, sem data, tradução de Frederico Montenegro, 211 pp. + 276 pp.

Bela biografia em dois volumes de bolso, incluída numa colecção biográfica.

- Gribbin, John e Gribbin, Mary, *Albert Einstein em 90 minutos: 1879-1955*, Inquérito, 1997, tradução do original inglês *Einstein in 90 minutes*, Constable and Company Limited, 1997, por Maria de Fátima Pires Rita Coelho.

Einstein para quem não tem tempo a perder pela pena de dois divulgadores de ciência britânicos.

- Infeld, Leopold, *Albert Einstein*, Europa-América, 3ª edição, 1957, tradução do original inglês *Albert Einstein: His work and its influence on our world*, Scribner's Sons, 1950, por Teresa Macedo, 181 pp.

Uma biografia de Einstein pelo seu colaborador Leopold Infeld, que é co-autor do livro *A Evolução da Física*, incluída na colecção “Saber”.

- Merleau-Ponty, Jacques, *Einstein*, Instituto Piaget, 1997, tradução do original francês *Einstein*, Flammarion, 1993, por Fátima Gaspar e Carlos Gaspar, 294 pp.

O autor é professor de Epistemologia na Universidade de Paris-Nanterre e participou na edição das obras de Einstein. Trata-se de uma biografia, que inclui com algum pormenor matemático a obra científica e a obra filosófica. Está incluída na colecção “História e Biografias”.

- Pais, Abraham, *Subtil é o Senhor: vida e pensamento de Albert Einstein*, Gradiva, 1993, tradução do original inglês *Subtle is the Lord: the science and life of Albert Einstein*, Oxford University Press, 1983, tradução de Fernando Parente e Viriato Esteves, 655 pp.

A biografia definitiva de Einstein pela pena de um físico que conviveu com o biografado e incluída na famosa colecção “Ciência Aberta”. Não é preciso dizer mais nada a não ser alertar para o nível técnico deste livro em certos passos: nem sempre é fácil, mas vale a pena. A tradução, da autoria de professores da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, é bem feita.

- Pais, Abraham, *Einstein viveu aqui*, Gradiva, 1996, tradução do original inglês *Einstein lived here*, Oxford University Press, 1994, por Augusto Manuel Marques e Jorge Afonso Landeck, 345 pp.

Complemento da biografia anterior, abordando agora os aspectos mais humanos. Incluído na mesma colecção “Ciência Aberta”. A tradução é de docentes de Física da Universidade de Coimbra.

- Pais, Abraham, *Os génios da ciência: uma galeria de retratos de físicos do século XX*, Gradiva, 2002, tradução a partir do original inglês *The genius of science: a portrait gallery*, Oxford University Press, 2002, por Manuel Fernandes Thomaz, 458 pp.

Um livro sobre vários físicos notáveis do séculos XX, incluindo, claro, Albert Einstein. O tradutor é professor de Física jubilado na Universidade de Aveiro.

115

- Michael Paterniti, *Ao Volante com Mr. Albert*, Teorema, 2004, tradução do original inglês *Driving Mr. Albert: A Trip Across America with Einstein's Brain*, The Dial Press, 2000, por Rita Graña, 276 pp.

Relato do roubo do cérebro de Einstein da sala da autópsia, da redescoberta desse cérebro e de uma rocambolesca viagem que atravessa a América

para levar o dito órgão a uma neta. É uma mistura de verdade e ficção, que tem algumas falhas do ponto de vista científico.

- Schwartz, Joseph e McGuinness, M., *Einstein para principiantes*, Dom Quixote, 3ª edição, 1999, tradução do original inglês *Einstein for beginners*, Writers and Readers Publications Cooperative, 1979, por Cardigos dos Reis, 175 pp.

Uma banda desenhada deveras cativante, que procura colocar a biografia de Einstein no contexto social, político e científico da época, e, ao mesmo tempo, comunicar alguns rudimentos da teoria da relatividade restrita. Recomenda-se, pese embora alguma demagogia patente aqui e ali, nomeadamente no final do livro, que termina com a bomba atómica.

- Smith, Peter, *Einstein*, ASA Editores, 2005, tradução do original inglês *Einstein*, Haus Publishing Limited, 2003, por Melissa Silva e Paulo Alves, 208 pp.

Biografia ilustrada de Einstein por um professor inglês com experiência de divulgação. O livro tem apresentação interessante (com capa dura) e lê-se bem.

- White, Michael e Gribbin, John, *Einstein*, Europa-América, 2004, tradução do original inglês por Maria Emília Novo, 304 pp.

Biografia de Einstein agradável de ler da autoria de dois divulgadores da ciência britânicos. Incluída na série “Grandes biografias” da Europa-América.

LIVROS SOBRE RELATIVIDADE

116

- Balibar, Françoise, *Einstein: Uma leitura de Galileu e Newton. Espaço e relatividade*, Edições 70, 1988, tradução do original francês *Galilée, Newton, lus par Einstein*, Presses Universitaires de France, 1984, por Arlindo Castanho, 128 pp.

Um roteiro interessante dos caminhos que conduziram à teoria da relatividade, na colecção “O saber da Filosofia”. O livro centra-se, no entanto, na relatividade clássica. São muito úteis do ponto de vista pedagógico as traduções

de Galileu que se encontram no livro. Nota: em relação ao original inverteu-se o lugar do nome de Einstein...

- Bertolami, Orfeu, *O livro das Escolhas Cósmicas*, Gradiva, 2005 (no prelo)

Um livro notável sobre cosmologia da autoria de um professor de Física do Instituto Superior Técnico. Trata-se de uma obra bastante actualizada que leva, portanto, o leitor às fronteiras mais actuais do nosso conhecimento do espaço-tempo.

- Bodanis, David, *$E=mc^2$: uma biografia da equação mais famosa do mundo*, Gradiva, 2001, tradução do original inglês *$E=mc^2$: a biography of the world most famous equation*, Berkley Trade, 2001, 292 pp.

Um “best-seller” internacional sobre a famosa equação da relatividade que é também a equação mais famosa da física. Está incluído na famosa colecção “Ciência Aberta”.

- Brotas, António, *O essencial sobre a teoria da relatividade*, Imprensa Nacional, Lisboa, 1988, 61 pp.

Num estilo próprio, António Brotas, professor do Instituto Superior Técnico, transmite num espaço muito curto “o essencial” das ideias da relatividade. O leitor deve ter este livro porque é barato, cabe no bolso e é útil. Ver a recensão que foi publicada na revista “CTS”, nº 6, Set./Dez 1988, p. 55 e na “Gazeta de Física” 11 (1986) 160.

- Coleman, James A., *Relatividade para todos*, Ulisseia, 1964, tradução do original inglês *Relativity for the Layman*, Penguin Books Ltd, 1959, por Gustavo de Castro, 203 pp.

Parte da colecção de bolso “Livros Pelicano”. É fácil de ler mas o prefácio do tradutor vai até à página 73, portanto mais de um terço do livro!

- Couderc, Paul, *A Relatividade*, Editora Arcádia, 1967, tradução do original francês *La relativité*, Presses Universitaires de France, 1962, por Manuel Duarte, 198 pp.

Um livro de bolso simples da conhecida colecção “Que Sais-Je?” (em Portugal, Biblioteca Arcádia de Bolso, embora livros da “Que Sais-Je?” tenham aparecido noutras colecções).

- Couderc, Paul e Perrin, Francis, *A Relatividade*, Edições 70, 1984, tradução do original francês “La Relativité”, Presses Universitaires de France, por Manuel Duarte, 130 pp.

Reedição de um livro publicado em edição de bolso pela Arcádia em 1967 (ver livro anterior). A actualização científica foi efectuada por Francis Perrin (não confundir com J. Perrin, Prémio Nobel da Física de 1926) e a revisão científica da tradução portuguesa é de A. A. Costa, do Instituto Superior Técnico, um astrofísico português. Livro de introdução às ideias da relatividade (a relatividade geral limita-se ao Cap. V).

- Cuny, Hilaire, *Albert Einstein e a Relatividade*, Ulisseia, 1965, tradução do original francês *Albert Einstein et la relativité*, Seghers, 1961, por Inês Brandão, 163 pp.

Livro despretensioso na colecção “Documentos do presentes”.

- Dias de Deus, Jorge, *Viagens no Espaço-Tempo*, Gradiva, 1997, 112 pp.

Uma introdução à relatividade por um físico do Instituto Superior Técnico e conhecido divulgador científico. Tem alguma, mas não muita, matemática. Os desenhos (cartoons), alguns a cores num extratexto, são de José Bandeira, cartoonista do “Diário de Notícias”.

- Farouki, Nayla, *A Relatividade*, Instituto Piaget, 1994, tradução do original francês *La relativité*, Flammarion, 1993, por Joaquim Nogueira Gil, 127 pp.

Pequeno volume da colecção “Biblioteca Básica da Ciência e Cultura” das Edições Piaget.

- Galison, Peter, *Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré*, Gradiva, 2005, tradução do original inglês *Einstein's Clocks, Poincaré Maps*, W. W. Norton & Company, 2003, por Nuno Figueiredo, 396 pp.

Um historiador de ciência norte-americano analisa o contexto da época em que Einstein criou a relatividade e procura explicar por que foi Einstein e não Poincaré o autor dos trabalhos decisivos.

- Gamow, George, *As aventuras do Sr. Tompkins*, Gradiva, 1990, tradução do original inglês *Mr. Tompkins in paperback*, Cambridge University Press, 1965, por António Manuel Nunes dos Santos, 274 pp.

Do conhecido autor da teoria do *big bang* eis um livro onde, com imaginação, se apresenta a Física Moderna, incluindo a relatividade. Um bancário inglês adormece e sonha como é o mundo à nossa escala...

- Gamow, George e Stannard, Russell, *O novo mundo do Sr. Tompkins*, Gradiva 2005, tradução do original inglês *The New World of Mr. Tompkins*, Cambridge University Press, 2001, por Paulo Cartaxana e Sara Torres Fevereiro, 280 pp.

Nova edição de um clássico de divulgação científica, indicado anteriormente, e nº 17 da colecção “Aprender/Fazer Ciência”. O físico inglês actualiza o clássico que agora surge numa nova tradução.

- Geroch, Robert, *Relatividade Geral de A a B*, Presença, 1991, tradução do original inglês *General Relativity from A to B*, University of Chicago, 1978, por Maria José Quelhas Dias e José Carlos Almeida, 186 pp.

Apanhado da relatividade geral quase sem equações na colecção “Limiar do Futuro” da Presença. Tem revisão científica do Prof. Paulo Picciochi.

- Kaku, Michio, *O Cosmo de Einstein*, Gradiva, tradução do original inglês *Einstein Cosmos: How Einstein's Vision Transformed our understanding of space and time*, W. W. Norton & Company, 2004, 212 pp.

Análise muito interessante da vida e do legado de Einstein por um físico norte-americano, de origem japonesa, que é especialista na divulgação científica.

- Kaku, Michio e Trainer, Jennifer, *Para além de Einstein: a investigação cósmica para uma teoria do universo*, Europa-América, tradução do ori-

ginal inglês, *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe*, Anchor, 1995, por Gastão Silva, 171 pp.

Livro da colecção “Fórum da Ciência” que se lê com agrado.

- Landau, Lev Davidovitch, *O que é a relatividade?*, Portugália Editora, 1965, tradução do original russo por José Santos, 124 pp.

Pequeno livro de bolso da autoria de um dos maiores nomes da física contemporânea.

- Ligthman, Alan, *Os sonhos de Einstein*, ASA, 2002, tradução do original inglês *Einstein's Dreams*, Pantheon, 1993, por Ana Maria Chaves, 107 pp.

Pequenas histórias ficcionadas à volta da relatividade. Incluído na colecção “Pequenos Prazeres”.

- Lot, Fernand, *A relatividade*, Estúdios-Cor, 1966, tradução do original francês, por Maria Antónia Borges de Sousa, 100 pp.

Livrinho da Enciclopédia “Diagramas”, colecção de divulgação científica da Estúdios Cor, que existiu nos anos 60 e 70.

- Magueijo, João, *Mais rápido do que a luz*, Gradiva, 2004, tradução do original do inglês *Faster than the speed of light*, Perseus Books Group, 2003, por Paulo Ivo, 300 pp.

O autor, físico teórico português que é professor no Imperial College de Londres, pôs em causa um dos postulados da teoria da relatividade: precisamente a constância da velocidade (para Magueijo a luz teria viajado mais depressa no início do Universo). Além de servir para apresentar a teoria da relatividade, este livro da colecção “Ciência Aberta” – que foi um “best-seller” – conta a polémica criada pela proposta do autor. A tradução ganhou um Prémio da União Latina/Fundação para a Ciência e Tecnologia.

- Nunes dos Santos, A. M. e Bento, M. A. (apresentação e coordenação), M. A., *Homenagem a Albert Einstein: Testemunhos e Controvérsias*, Serviços Editoriais da Universidade Nova de Lisboa, 1989, 96 pp.

Inclui textos sobre Einstein da autoria de Sommerfeld e Bohr (este muito importante, uma vez que a maior polémica científica do século XX foi precisamente entre Einstein e Bohr, a propósito do significado e alcance da mecânica quântica) e uma bibliografia compreendendo os trabalhos de Einstein desde a relatividade geral até à sua morte.

- Parker, Barry, *O sonho de Einstein. a procura de uma teoria unificada do Universo*, Edições 70, 1988, tradução do original inglês *Einstein's Dream*, 1986, por Carlos Pina e Brito, 246 pp.

Um professor de Física e Astronomia norte-americano explica as consequências para a cosmologia das ideias de Einstein, num volume da colecção “Universo da Ciência” das Edições 70.

- Parker, Barry, *A Descoberta de Einstein – A relatividade relativamente fácil*, Edições 70, 2002, tradução do original inglês *Einstein's Brainchild – Relativity made relatively easy!*, Prometheus Books, 2000, por Alberto Vasconcelos, 256 pp.

Introdução à Teoria da Relatividade do autor do livro anterior com quadros e bonitos esquemas.

- Russell, Bertrand, *ABC da Relatividade*, Europa-América, 1969, tradução do original inglês *ABC of Relativity*, Allen & Unwin, 1958, por A. P. Fernandes, 189 pp.

Um volume de bolso do grande matemático e filósofo inglês. É um livro cujo principal atractivo é talvez o nome do autor. Mas Russel tem livros melhores... Esta obra é um pouco antiquada, tendo o original sido escrito em 1925 (as teorias da relatividade restrita e geral datam respectivamente de 1905 e de 1916). O último capítulo, intitulado «Consequências filosóficas», termina com a seguinte afirmação bem russelliana: «*A conclusão final é que sabemos extremamente pouco, embora seja surpreendente que conheçamos tanto, e ainda mais surpreendente que tão pouco conhecimento nos consiga proporcionar tamanho poder*».

- Selleri, Franco, *Lições de Relatividade. De Einstein ao éter de Lorentz*, Edições Duarte Reis, 2005, tradução do original italiano por J.R. Croca e Rui Moreira, 228 pp.

Este é um livro algo técnico, de um físico italiano, e que inaugura uma nova colecção (“Ciência e Vida”) de uma nova editora. Fique o leitor prevenido que as posições do autor são pouco ortodoxas. O prefácio é de um dos tradutores, J.R. Croca, professor de Física na Universidade de Lisboa e que se tem especializado na procura de alternativas à formulação convencional da mecânica quântica.

- Silvestrini, Vittorio, *Introdução à teoria da relatividade*, Editorial Notícias, tradução do original italiano *Guida alla teoria della Relatività*, Riuniti, por José d’Encarnação, 138 pp.

Pequeno livro, sem nada de especial a recomendá-lo. As editoras têm razões que a razão desconhece...

- Smilga, V., *A Relatividade e o Homem*, Presença, 1966, tradução de Maria de Lourdes Penedo, 334 pp.

Livro antigo mas interessante que enquadra e perspectiva a obra de Einstein na tradição de Newton.

- Taylor, J., *Buracos Negros: O Fim do Universo*, Europa-América, 1983, tradução do original inglês *Black Holes, the End of the Universe*, Avon Books, 1973, por Carolina Oliveira, 175 pp.

Sob um título demasiado sensacionalista esconde-se a prosa de um conhecido astrofísico do Kings College de Londres. Os buracos negros prestam-se às mais variadas especulações, que são debatidas neste livro. Estranha-se só que um livro sobre astrofísica surja perdido no meio de uma colecção de astrologia e pseudo-ciências congéneres («Portas para o desconhecido»).

- Will, Clifford, *Einstein tinha razão? Testando a teoria da relatividade geral*, Gradiva, 1989, tradução do original inglês *Was Einstein right?: Putting general relativity to the test*, Basics Books, 1986, por J. C. Fernandes, com revisão e notas de David Lopes Gagean, 306 pp.

A resposta ao título é “Sim. Tinha”. Hoje, setenta anos depois de introduzida a relatividade geral, todo um conjunto de avanços tecnológicos permite confirmar essa teoria. Não se conhece um único desvio, embora se esteja ainda à espera da confirmação absoluta de fenómenos como as ondas gravitacionais.

O autor, físico experimental especialista em relatividade, fornece-nos numerosos exemplos de concordância entre teoria e experiência, num livro que se recomenda.

Livros escritos por Einstein

- *Albert Einstein: Reflexões e Testemunhos Científicos*, Universidade Nova de Lisboa, 1989, introdução, selecção e edição de A. M. Nunes dos Santos, 1989, 74 pp.

Inclui textos de Einstein, textos sobre Einstein de de Broglie e Born e uma bibliografia dos anos de ouro do grande físico alemão. É um conjunto de livrinhos sobre Einstein da responsabilidade de António Nunes dos Santos, professor de História da Ciência da Universidade Nova de Lisboa.

- Aurette, Cristhopher e Santos, António Nunes (org), *Eddington e Einstein: verificação experimental da teoria da relatividade generalizada na Ilha do Príncipe*, Gradiva, 1992, 144 pp.

Tradução em português do artigo de Eddington relativo à observação do eclipse do Sol na ilha do Príncipe e que trouxe glória e fama a Einstein. Incluído na colecção “Panfletos”.

- Calaprice, Alice (org), *Querido Professor Einstein. Correspondência entre Albert Einstein e as crianças*, ASA, 2005, tradução do original inglês *Dear Professor Einstein. Einstein's Letters to and from Children*, Prometheus Books, 2002, por Jorge Palinhos, 128 pp.

Correspondência entre Einstein e crianças, com um prefácio de uma neta de Evelyn Einstein (enteada do seu filho Hans-Albert). O livro contém um bom conjunto de figuras. A organizadora trabalhou na organização dos Arquivos de Einstein.

- Einstein, A., *O Significado da Relatividade*, Arménio Amado, 1958. Reedição da Gradiva, 2004, 176 pp.

Um dos livros clássicos de Einstein numa edição, traduzida pelo físico da Universidade de Coimbra Mário Silva, apenas três anos depois da morte do autor.

- Einstein, A., *Como vejo o mundo*, Empresa Nacional de Publicidade, Lisboa, 1961, tradução do alemão *Mein Weltbild*, 1934, por Ruth San Payo Araújo, 328 pp.

Um clássico e está tudo dito.

- Einstein, Albert e Freud, Sigmund, *Porquê a Guerra?: Reflexões sobre o destino do mundo*, Edições 70, 1997, tradução do original italiano *Freud e Einstein: riflessione a due sulle sorte del Mondo*, por Artur Morão, 94 pp.

Dois textos de Freud seguido de cartas trocadas entre esses dois grandes nomes do século XX. O tema é o receio comum da utilização de armas nucleares.

- Einstein, A. e Infeld, L., *A Evolução da Física. O desenvolvimento das ideias desde os primitivos conceitos até à Relatividade e aos quanta*, Edições Livros do Brasil, 1939, tradução do original *The Evolution of Physics*, Simon & Schuster, 1938, por Monteiro Lobato, 264 pp.

Escrito para ajudar o físico polaco Leopold Infeld, que foi assistente de Einstein, este livro tornou-se um clássico da divulgação da Física. Ainda hoje é actual e merece ser lido por todos os que se interessam por Física (João Magueijo, no seu livro *Mais Rápido que a Luz* confessa a influência que lhe causou a leitura deste livro).

- *Física & Realidade: Albert Einstein*, Universidade Nova de Lisboa, introdução e nota biográfica de A. M. Nunes dos Santos, 1990, 66 pp.

Um texto de Einstein sobre o método científico, a relatividade e a teoria quântica.

- *Reflexões, encontros e diálogos com Albert Einstein*, Universidade Nova de Lisboa, 1988, introdução, selecção e tradução de A. M. Nunes dos Santos, 1988, 83 pp.

Trata-se do primeiro de um conjunto de quatro livrinhos da responsabilidade de António Nunes dos Santos. São edições cuidadas da Universidade Nova de Lisboa, com bonitas capas, traduções criteriosas e anotações oportu-

nas. Todos juntos dariam um belo volume mas assim, dispersos, fica um conjunto de simpáticos livrinhos. Este primeiro livro inclui textos dispersos de Einstein, textos sobre Einstein de de Broglie, Oppenheimer e Heisenberg e uma interessantíssima entrevista a Einstein feita pelo historiador de ciência I. B. Cohen e publicada em 1955 no “Scientific American”.

- Lorentz, H. A., Einstein, A., Minkowski, H., *O Princípio da Relatividade*, I Vol., Fundação Calouste Gulbenkian, 1972, tradução do original alemão conforme a 6ª edição de B. G. Teubner, 1958, por Mário Saraiva, 279 pp.

Colecção de textos de Física Moderna que são pertinentes para a relatividade, incluindo alguns – de facto, os mais famosos – de Einstein. Dois dos artigos aparecem no livro organizado por John Stachel, embora noutra tradução.

- Martin, Charles-Noel, *A bomba H: princípio ou final? Com uma mensagem de Albert Einstein*, Livros do Brasil, 1956, tradução do original francês *L’heure h a-t-elle sonné pour le monde?*, Grasset Bernard, 1955, por José Júlio Andrade dos Santos, 253 pp.

Um pequeno escrito de Einstein sobre a ameaça das armas nucleares.

- Stachel, John (edição e introduções), *O Annus Mirabilis de Einstein. Cinco artigos que revolucionaram a Física*, Gradiva, 2005, tradução do inglês *Einstein’s Miraculous’s Year. Five Papers that Changed the Face of Physics*, Princeton University Press, 1988, por Ana Sampaio, com revisão científica de Paulo Crawford, 220 pp.

Os cinco artigos de Einstein publicados no “ano milagroso” de 1905, incluindo a tese de doutoramento sobre as dimensões moleculares, o artigo sobre o movimento browniano, o artigo sobre o efeito fotoelétrico, o artigo que introduz a teoria da relatividade e o artigo onde aparece a equação $E=mc^2$. O prefácio é de Roger Penrose, o famoso físico-matemático da Universidade de Oxford.

Livros infantis e juvenis sobre Einstein e a relatividade

- Brown, Don, *Um rapaz invulgar. O Pequeno Albert Einstein*, Ana Paula Faria Editora, 2005, tradução do original inglês *Odd Boy Out, Young, Albert Einstein*, Houghlon Mifflin Company, 2004, por Humberto Brito.

Álbum ricamente ilustrado para crianças sobre a infância de Einstein. Está devidamente fundamentado e é um bom presente... Mas a editora esqueceu-se de numerar as páginas do livro.

- Cugota, Lluís e Roldán, Gustavo, *Chamo-me...Albert Einstein*, Didáctica Editora, 2005, tradução do original espanhol, Parramón Ediciones, 2004, por Tânia Rocha, 64 pp.

Livro muitíssimo interessante para adolescentes, expondo a vida de Einstein, embora pouco rigoroso na parte científica. Integra-se numa colecção biográfica para jovens

- Goldsmith, Mike, *Albert Einstein e o seu universo insuflável*, Europa-América, 2003, tradução do original inglês *Albert Einstein and his Inflatable Universe*, Scholastic, 2001, por Maria Emília Novo, 192 pp.

Livro da divertida série juvenil “Finados famosos”. O texto humorístico é intercalado com imagens sugestivas.

- MacDonald, Fiona, *Albert Einstein: o físico excêntrico cuja teoria revolucionou as nossas ideias sobre o Universo*, Editora Replicação, 1994, tradução do original inglês *Albert Einstein*, Exley Publications, 1992, por Ivette Colaço, 64 pp.

Pequena biografia muito ilustrada para jovens incluída na série “Cientistas que transformaram o mundo”.

- MacDonald, Fiona, *O mundo no tempo de Albert Einstein*, Círculo de Leitores, 1999, tradução do original inglês *The world in the time of Albert Einstein*, Dillon Press, 1998, de Ana Maia Pinto da Silva, 48 pp.

Neste livro Einstein é visto no respectivo contexto histórico.

- Petit, Jean-Pierre, *As Aventuras de Anselmo Curioso: Einstein e a Teoria da Relatividade*, Dom Quixote, 1982, tradução do original francês *Les Aventures d'Anselme Lanturlu-Tout est relati*, Editions Belin, 1980, por I. St. Aubyn, com revisão técnica de A. St. Aubyn, 69 pp.

A série de banda desenhada, na qual este livro se integra («As aventuras de Anselmo Curioso»), mostra como a banda desenhada pode ser educativa e servir mesmo de suporte pedagógico para o ensino da física. Humor e pedagogia são afinal bem compatíveis, pelo menos para este astrofísico francês. No entanto, desiludam-se aqueles que, aliciados pelos «bonecos», julgam que a compreensão das ideias expostas é sempre fácil. A revisão científica foi efectuada por A. St. Aubyn, professor de Matemática no Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, o mesmo acontecendo nos volumes seguintes.

- Petit, Jean-Pierre, *As aventuras de Anselmo Curioso: Einstein e o Buraco Negro*, Dom Quixote, 1982, tradução do original francês, *Les Aventures d'Anselme Lanturlu-Le Trout Noir*, Editions Belin, 1980, por I. St. Aubyn, 69 pp.

Outro volume da série do Anselmo, concebida para ensinar ciência a leitores sem grande formação científica. O personagem Anselmo embrenha-se aqui nas singularidades que surgem na relatividade geral, servindo-se de algumas noções geométricas relevantes, como a de curvatura do espaço.

- Petit, Jean-Pierre, *Os Mistérios da Geometria*, Dom Quixote, 1982, tradução do original francês *Les Aventures d'Anselme Lanturlu - Le Geometricon*, Editions Belin, 1980, por L. Pignatelli, 69 pp.

O título pode induzir em erro, pois mais do que fazer uma introdução à geometria convencional, o autor fala do conteúdo físico das geometrias, nomeadamente das geometrias não euclidianas, de grande importância para a teoria da relatividade geral. Essa conexão é revelada pelo último cartoon, onde aparece Einstein.

- Stannard, Russell, *O Tempo e o Espaço do Tio Alberto*, Edições 70, 1991, tradução do original inglês *The time and space of Uncle Albert*, Faber and Faber Limited, 1989, por A. M. Nunes dos Santos e Christopher Aurretta, 144 pp.

Um professor de Física da Open University londrina inaugurou com este livro uma “série de culto” para jovens, em que o herói é precisamente o “Tio Alberto”, isto é, Albert Einstein.

- Stannard, Russell, *Os Buracos Negros e o Tio Alberto*, Edições 70, 1992, tradução do original inglês *Black Holes and Uncle Albert*, Faber and Faber Limited, 1991, por Ana Isabel Lopes, 150 pp.

Outro volume da série atrás referida, que tal como o anterior tem apresentação do professor António Nunes dos Santos de História das Ciências da Universidade Nova de Lisboa.

Manuais universitários sobre relatividade

- Relvas, Joaquim A. Moura, *Electromagnetismo e a Relatividade Restrita*, Porto Editora, 2002, 226 pp.

Um pequeno manual dedicado à memória do Prof. Mário Silva, da autoria de um seu antigo aluno.

- Resina Rodrigues, *Introdução à teoria da relatividade restrita*, IST Press, 1998, 96 pp.

Lições, onde é patente grande preocupação pedagógica, de um professor de Física do Instituto Superior Técnico. Limita-se à relatividade restrita. No final inclui algumas reflexões sobre filosofia da ciência, assunto em que o autor é especialista.

- Silva, Mário, *Mecânica Física*, Vol. I, Editorial Saber - Cursos Universitários, Coimbra, 1945, 262 pp.

Uma “sebenta” clássica, onde a teoria da relatividade tem o devido destaque.

Catálogo bibliográfico da exposição

Einstein entre nós

Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

17 de Outubro a 30 de Novembro de 2005

(Página deixada propositadamente em branco)

Coordenação:
Carlos Fiolhais

Catálogo:
Isabel Vicente; Iuliana Gonçalves; Fernanda Fava; Joaquim Veríssimo

Organização da Exposição:
Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra
Associação para o Desenvolvimento do Departamento de Física da
Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra

PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS REFERENCIADAS
- LOCALIZAÇÃO

A Águia BGUC	Gazeta de Coimbra BGUC
Anais Científicos da Academia Politécnica do Porto BGUC	Gazeta de Física BGUC
Annalen der Physik DFUC	Gazeta de Matemática BGUC
Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali BGUC	O Instituto BGUC
Boletim da Academia de Ciências de Lisboa BGUC	Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais BGUC
Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa BGUC	Jornal de Notícias BGUC
Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática BGUC	Le Journal de Physique et le Radium BGUC DFUC
Brotéria BGUC	Journal de Physique Théorique et Appliquée DFUC
Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences BGUC	Journal of The Franklin Institute DFUC
O Diabo BGUC	Memorias da Academia das Ciências BGUC
Diário de Coimbra BGUC	Physical Review BGUC DFUC
	Physikalische Zeitschrift DFUC
	Portugaliae Mathematica BGUC

Reviews of Modern Physics
DFUC

Revista de Artilharia
BGUC

Revista da Faculdade de Ciências
BGUC

Revista de Obras Públicas e Minas e das
Sciências Aplicadas à Indústria
BGUC

Seara Nova
BGUC

O Século
BGUC

Sitzungsberichte der Preussischen Akademie
der Wissenschaften
BGUC

Sol Nascente
BGUC

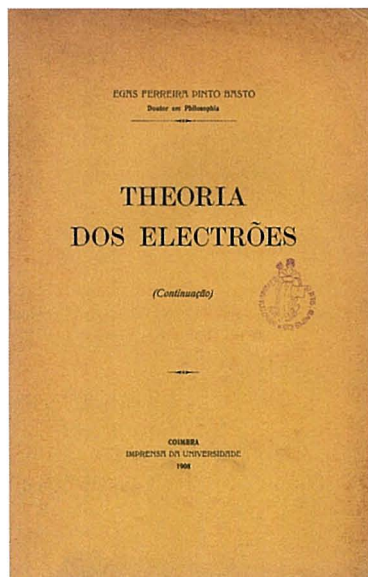
A Voz da Justiça
BGUC

Zeitschrift für Physik
DFUC

SIGLAS

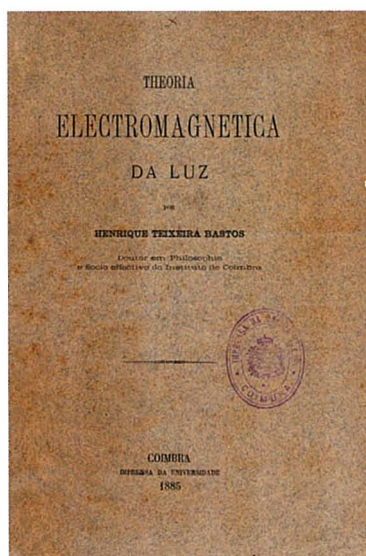
BGUC Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

DFUC Biblioteca do Departamento de Física da Universidade de Coimbra



1.

Capa de *Theoria dos electrões*, por Egas Ferreira Pinto Basto. Nesta tese de 1908, publicada pela Imprensa da Universidade de Coimbra, são expostas algumas das ideias pré-relativistas de Poincaré.



2.

Em 1885, Henrique Teixeira Bastos, apresenta a sua dissertação de concurso à Faculdade de Philosophia - *Theoria electromagnética da luz*, editada no mesmo ano em Coimbra pela Imprensa da Universidade.

BIBLIOGRAFIA SECUNDÁRIA

Monografias

1.

BASTO, Egas Ferreira Pinto - **Theoria dos electrões**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1908. Dissertação para o concurso ao magistério na primeira secção da Faculdade de Philosophia Natural

BGUC

2.

BASTOS, Henrique Teixeira - **Theoria electromagnética da luz**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1885. Dissertação do concurso apresentado à Faculdade de Philosophia da Universidade de Coimbra

BGUC

3.

BASTOS, Henrique Teixeira - **Unidades eléctricas**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1884. Dissertação inaugural para o Acto de Conclusões Magnas na Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra

BGUC

4.

BEIRES, R. Sarmiento de - **A origem das equações fundamentais da teoria electrónica**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1927. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

BGUC

5.

BRAGA, António Garcia - **Aether and concrete relativity**. Lisbon : [s.n.], 1954
(Lisboa : Soc. Astória)

BGUC

6.

BRAGA, António Garcia - **Teoria néo-clássica de propagação luminosa**. Vila do Conde : Ed. Autor, 1948 (Vila do Conde : Gráfica da Esc. de St^a Clara)

BGUC

7.

COIMBRA, Leonardo - **O criacionismo : esboço de um sistema filosófico**. Porto : Renascença Portuguesa, 1912. (Biblioteca da Renascença Portuguesa). Tese de concurso para professor assistente do grupo de Filosofia da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa

BGUC

8.

COIMBRA, Leonardo - **O pensamento criacionista : lições efectuadas na Universidade Popular do Porto em Abril e Maio de 1914**. Porto : Renascença Portuguesa, 1915

BGUC

9.

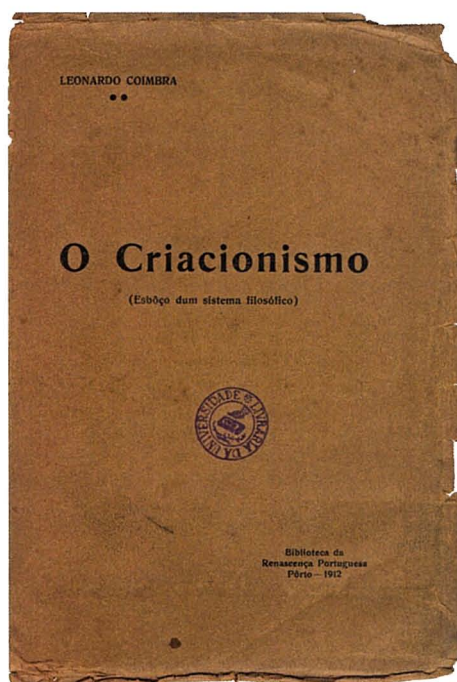
COIMBRA, Leonardo - **A razão experimental : lógica e metafísica**. Porto : Renascença Portuguesa : Rio de Janeiro : Anuario do Brasil, 1923

BGUC

10.

CORREIA, A. A. Mendes - **Einstein e a evolução orgânica : a propósito duma nota do "Homo"**. [S.l. : s.n., 1923] (Porto : Emp. Indust. Gráf. do Porto). Separata de: A Águia. Vol. 22, n^o 7 (1923)

BGUC



7.

Óleo de Leonardo Coimbra da autoria de Eduardo Malta. Capa da obra *O criacionismo : esboço de um sistema filosófico* de Leonardo Coimbra, publicada em 1912 no Porto pela Renascença Portuguesa. Aqui é discutida e apresentada, pela primeira vez em Portugal, a teoria da relatividade.

11.

COSTA, Augusto Ramos da - **Espaço, matéria, tempo ou a trilogia einsteiniana**. [S.l. : s.n.], 1923 (Lisboa : Imprensa Lucas). (Actualidades científicas)

BGUC

12.

COSTA, Augusto Ramos da - **A teoria da relatividade**. [S.l. : s.n.], 1921 (Lisboa : Of. Gráf. da Biblioteca Nacional). (Actualidades científicas)

BGUC

13.

COUTINHO, Gago - **Mecânica clássica e mecânica relativista : dedicado aos alunos de Física liceal**. Lisboa : [s.n.], 1937 (Lisboa : Tip. da Seara Nova)

BGUC

14.

COUTINHO, Gago - **A relatividade : objecções, paradoxos, cálculos ariméticos**. Lisboa : [s.n.], 1930 (Lisboa : Tip. da Seara Nova)

BGUC

15.

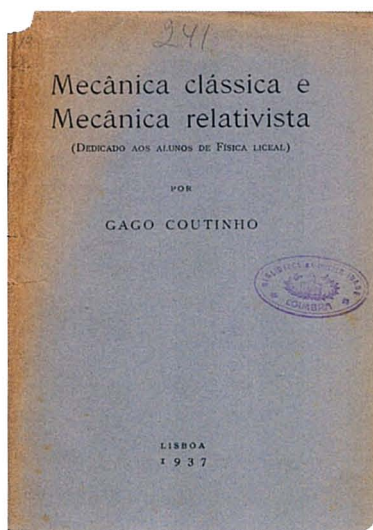
COUTINHO, Gago - **Tentativa de interpretação simples da "Teoria da relatividade restrita"**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1926. Separata de: O Instituto. Vol. 73, nº 3

BGUC

16.

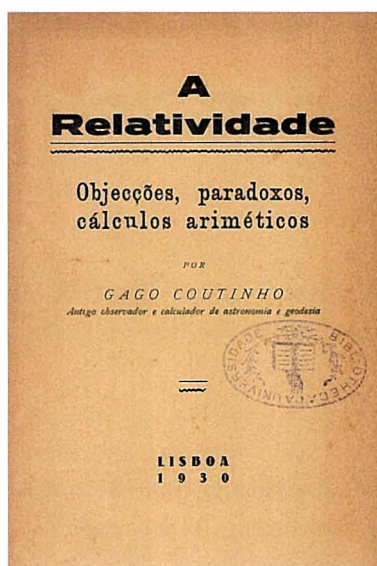
CRUZ, João Perpétuo da - **L'espace et sa mesure : contribution à l'étude de la relativité générale**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1933. Separata de: O Instituto. Vol. 86, nº 4

BGUC

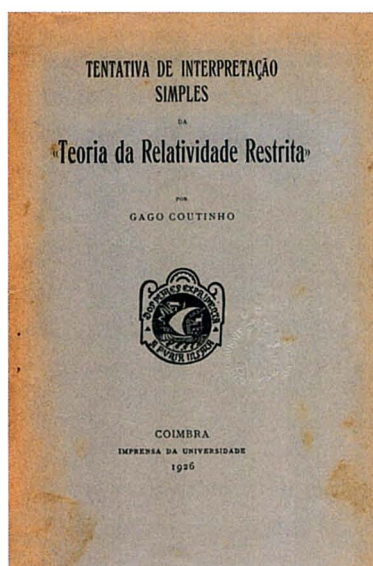


13.

14.



15.



139

Fotografia de Gago Coutinho na época em que foi anunciada a teoria da relatividade. Capas das suas obras: *Mecânica clássica e mecânica relativista* : dedicada aos alunos de física liceal publicada em Lisboa em 1937; *A relatividade : objecções, paradoxos cálculos ariméticos* publicada em Lisboa em 1930 e *Tentativa de interpretação simples da Teoria da relatividade restrita* publicada pela Imprensa da Universidade no ano de 1926. Nestas e noutras obras, Gago Coutinho deixa bem clara a sua opinião contrária à teoria da relatividade de Einstein.

17.

FERNANDES, A. de Mira - **Conexões finitas**. [Lisboa : s.n., 1945]. Separata de: Técnica : revista de engenharia dos alunos do I.S.T.

BGUC

18.

FERNANDES, A. de Mira - **A curvatura riemanniana e o desvio geodésico**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1929. Separata de: Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais. Nº 97

BGUC

19.

FERNANDES, A. de Mira - **Direzioni isocliniche nei trasporti lineari**. [Lisboa : s.n., 1954-1955] (Lisboa : Tip. Delta). Separata de: Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa. S. 2 A, vol. 3, fasc. 2

BGUC

20.

FERNANDES, A. de Mira - **Modernas concepções da mecânica**. Lisboa : Academia das Ciências de Lisboa, 1933. (Biblioteca de Altos Estudos)

BGUC

21.

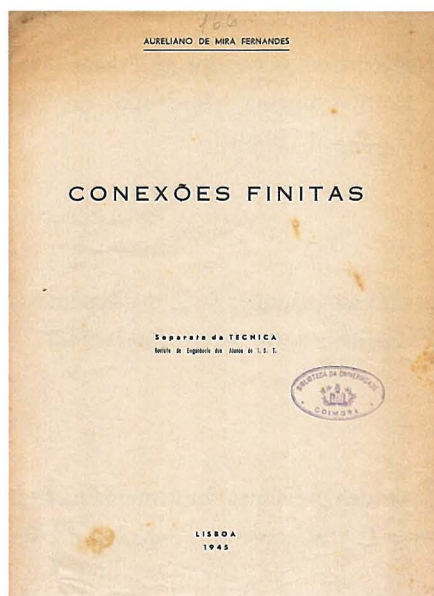
FERNANDES, A. de Mira - **Transportes isoclinicos**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1929. Separata de: Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais. Nº 97

BGUC

22.

GIÃO, António - **Intensité et probabilité dans les systèmes spatio-temporels**. [S.l. : s.n., 1947] (Lisboa : Tip. Matemática). Separata de: Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática. Série A, vol. 1, nº 2 (1947)

BGUC



17.

Capa da separata da revista *Técnica*, publicada em 1945 contendo o artigo «*Conexões finitas*» e fotografia do matemático Aureliano Lopes de Mira Fernandes, responsável pela proposta aprovada na sessão de 17 de Março de 1932 da Academia das Ciências de Lisboa, onde Albert Einstein e Levi-Civita são nomeados sócios correspondentes desta Academia.

23.

GIÃO, António - **Le problème cosmologique généralisé et la mécanique ondulatoire relativiste**. [S.l. : s.n., 1946] (Lisboa : Soc. Ind. de Tipografia). Separata de: Portugaliae Physica. Vol. 2, fasc. 1 (1946)

BGUC

24.

GIÃO, António - **Propriétés magnétiques de la matière en rotation**. [S.l. : s.n., 1948]. Separata de: Gazeta de Matemática. N.º 34/35 (1947/1948)

BGUC

25.

GIÃO, António - **Théorie des particules fondamentales I : Particules élémentaires**. [S.l. : s.n., 1947] (Lisboa : Tip. Matemática). Separata de: Portugaliae Mathematica. Vol. 6, fasc. 2 (1947)

BGUC

26.

GIÃO, António - **Théorie des particules fondamentales II : Particules non élémentaires (protons, neutrons, mésons)**. [S.l. : s.n., 1948] (Lisboa : Tip. Matemática). Separata de: Portugaliae Mathematica. Vol. 7, fasc. 1 (1948)

BGUC

27.

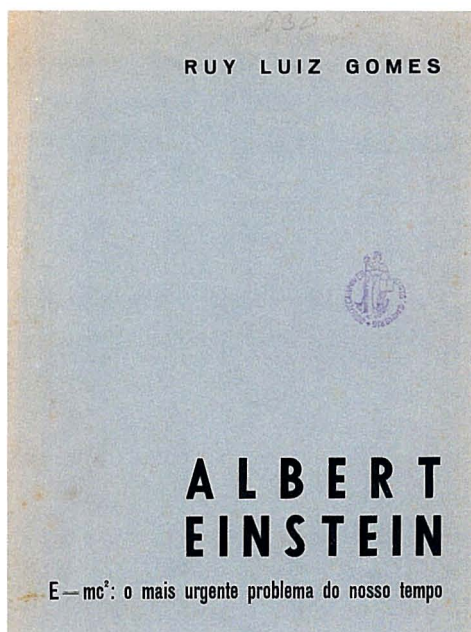
GOMES, Rui Luís - **Albert Einstein : $E=mc^2$: o mais urgente problema do nosso tempo**. Porto : [s.n.], 1955. Separata de: Lusíada. Vol. 2 (Out. 1955)

BGUC

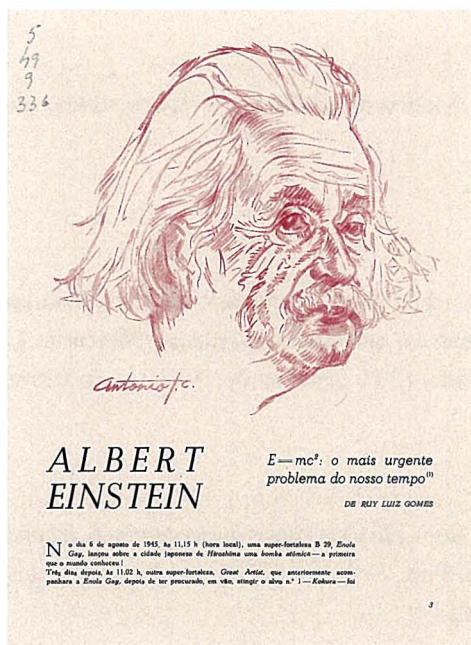
28.

GOMES, Rui Luís - **Cinemática dos corpos rígidos em relatividade**. [S.l. : s.n., 1955]. Separata de: Gazeta da Física. Vol. 3, fasc. 4

BGUC



27.



143

Capa e primeira página do artigo *Albert Einstein : E=mc² : o mais urgente problema do nosso tempo* de Rui Luís Gomes, separata da revista *Lusíada*, publicado em Outubro de 1955.

29.

GOMES, Rui Luís - **Espaço e tempo “absolutos” na física clássica e na teoria da relatividade.** [S.l. : s.n., 1954] (Porto : Imp. Portuguesa). Separata de *Ciência : Revista dos Estudantes da Universidade de Lisboa*. Nº 9-10 (Set. 1954)

BGUC

30.

GOMES, Rui Luís - **A relatividade : origem, evolução e tendências actuais.** 2ª ed. Lisboa : Seara Nova, 1943. (Cadernos da Seara Nova. Estudos Filosóficos e científicos ; 29)

BGUC

31.

GOMES, Rui Luís - **Relatividade geral : o tensor de curvatura de um espaço absoluto.** [Lisboa : s.n., 1955]. Separata de: *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*. 2ª Série-A, vol. 4

BGUC

32.

GOMES, Rui Luís - **A teoria da relatividade : espaço, tempo, gravitação.** Lisboa : Ed. Monsanto, 1954

BGUC

33.

LEMOS, Victor Hugo de - **O problema dos dois corpos na mecânica de Newton e na mecânica de Einstein : o movimento do planeta Mercúrio.** Lisboa : Tip. Empresa Nacional de Publicidade, 1933. Separata de: *Arquivos da Universidade de Lisboa*

BGUC

34.

LIMA, Duarte Pires de - **História breve duma teoria A relatividade e Breve ensaio sobre o modernismo.** Pref. de Joaquim Namorado. Porto : Livraria Latina Editora, [1944]. (Cadernos azuis)

BGUC

35.

LIMA, João Maria de Almeida - **Os critérios da verdade : racionalismo e dogmatismo**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1922. Separata de: Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais. S. 3, nº 9

BGUC

36.

LIMA, João Maria de Almeida - **A física perante as teorias de Einstein**. [Lisboa : Imprensa Nacional, 1921]. Separata de: Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais. S. 3, nº 9 [i.e. S. 3, nº 15 (1924)]

BGUC

37.

LOBO, Francisco Miranda da Costa - **La structure de l'Univers**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1924. Separata de: O Instituto. Vol. 70, nº 11

BGUC

38.

LOBO, Francisco Miranda da Costa - **Théorie radiante**. Figueira da Foz : Tip. Popular, 1937. Separata de: O Instituto. Vol. 90

BGUC

39.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Uma cadeia de erros na física oficial**. Coimbra : Coimbra Editora, 1953

BGUC

40.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Comentários à física teórica oficial**. Coimbra : Coimbra Editora, 1951

BGUC

312
F. M. DA COSTA LÔBO

THÉORIE RADIANTE

Conférence faite à la Sorbonne, après invitation de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, sous la présidence de Mr. Charles Maurain, Doyen de la Faculté des Sciences, le 28 mai 1936, Communication au Bureau des Longitudes, et les énergies internes, par le professeur F. M. da Costa Lôbo.



Separata de O INSTITUTO, vol. 90

FIGUEIRA DA FOZ
Tipografia Popular
1937



38.

Capa do artigo *Théorie radiante* de F. M. da Costa Lobo publicado em 1937, como separata da revista *O Instituto*. Conferência proferida na Sorbonne em 28 de Maio de 1936.

41.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Cosmologia racional**. Coimbra : Coimbra Editora, 1952

BGUC

42.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **O electrão, esse desconhecido**. Coimbra : Coimbra Editora, 1954

BGUC

43.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **O fracasso da teoria da relatividade**. Coimbra : Coimbra Editora, 1955

BGUC

44.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **A gravitação e a inércia**. Coimbra : Coimbra Editora, 1952

BGUC

45.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Nova explicação do Universo : teoria fotónica**. Coimbra : Coimbra Editora, 1943

BGUC

46.

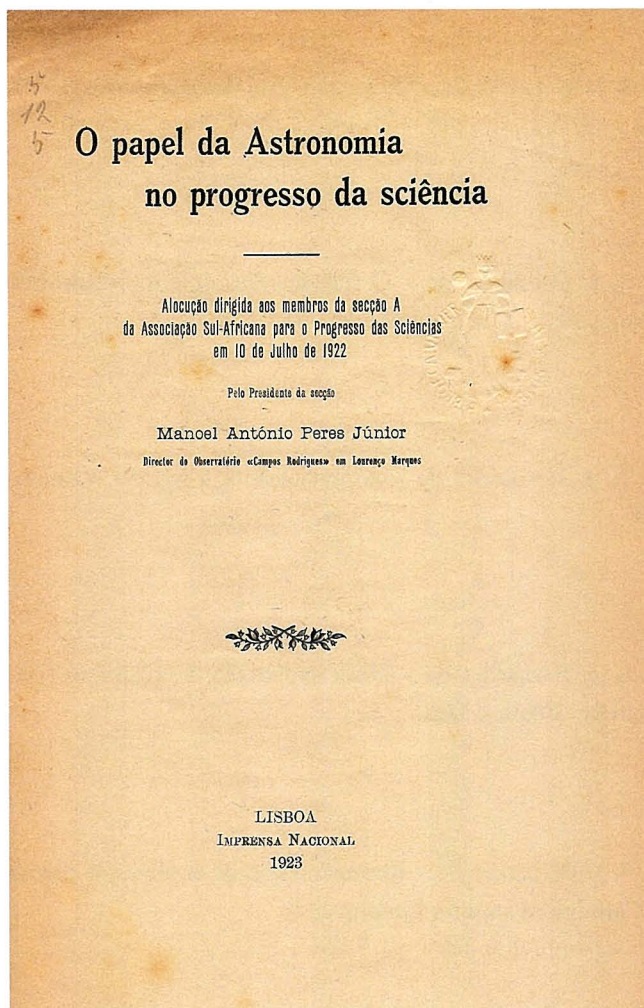
MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Reconstruction de la physique theorique : theorie photonique**. Coimbra : Coimbra Editora, 1948

BGUC

47.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **A teoria da relatividade à luz da fotónica**. Coimbra : Coimbra Editora, 1944

BGUC



Capa de *O papel da Astronomia no progresso da ciência* da autoria de Manuel António Peres Júnior, publicada em Lisboa pela Imprensa Nacional em 1923.

48.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Teoria fotónica : correcções e aditamentos.**
[Coimbra] : Coimbra Editora, 1946

BGUC

49.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **Teoria fotónica : uma nova física ao alcance de todos.** Coimbra : Arménio Amado Editor, 1944. (Colecção Studium ; 42)

BGUC

50.

MIRANDA, A. J. Bernardes de - **A velocidade da luz.** Coimbra : Coimbra Editora, 1953

BGUC

51.

MONTEIRO, Amaro Joaquim - **Equações relativistas de transformação de grandezas eléctricas e magnéticas.** Lisboa : [s.n.], 1949 (Lisboa : Tip. Delta)

BGUC

52.

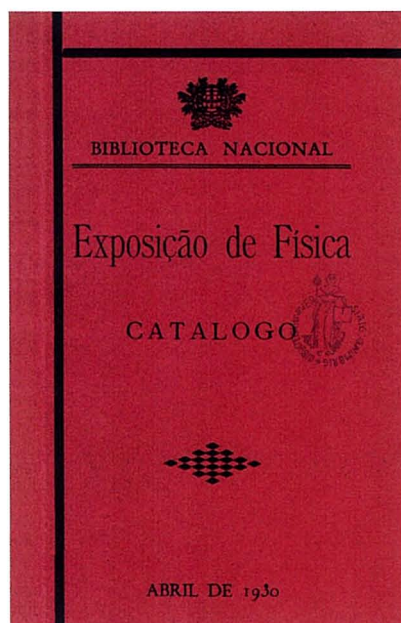
MONTEIRO, Amaro Joaquim - **Estudo elementar da teoria da relatividade especial.** Lisboa : [s.n.], 1948 (Lisboa : Tip. Matemática). Dissertação apresentada no concurso para Professor Agregado de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa

BGUC

53.

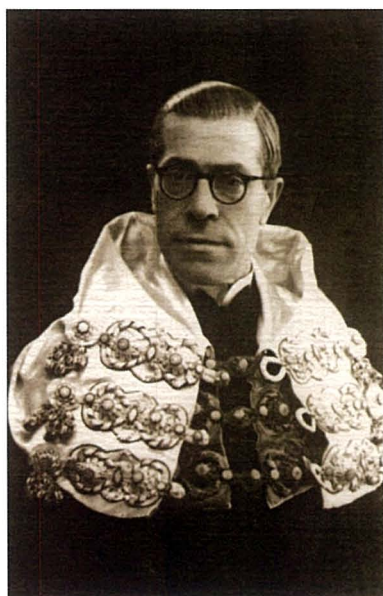
PERES JÚNIOR, Manuel António - **O papel da astronomia no progresso da ciência.** Lisboa : Imprensa Nacional, 1923

BGUC

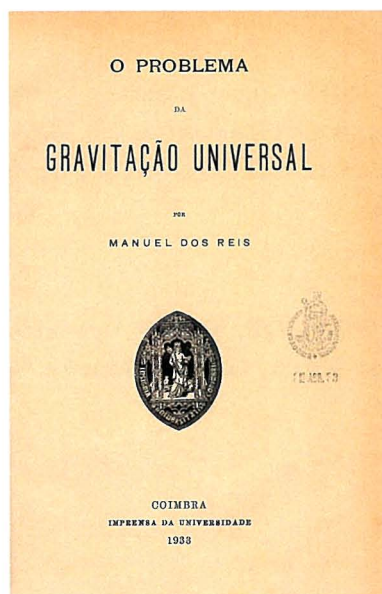


54.

Capa do catálogo da Exposição de Física realizada na Biblioteca Nacional em Abril de 1930.



150



55.

Fotografia de Manuel dos Reis, professor de astronomia da Universidade de Coimbra e capa da sua dissertação intitulada *O problema da gravitação universal*.

54.

PORTUGAL. Biblioteca Nacional - **Exposição de física : catálogo**. Lisboa : B.N., 1930

BGUC

55.

REIS, Manuel dos - **O problema da gravitação universal**. Coimbra : Imprensa da Universidade, 1933. Dissertação de concurso para Professor Catedrático da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra

BGUC

56.

SILVA, Mário A. da - **Lições de física : apontamentos para uso dos alunos de física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra**. Coimbra : Livraria Académica, [1937]

BGUC

57.

SILVA, Mário A. da - **Lições de física : apontamentos para uso dos alunos de física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra**. Coimbra : Livraria Académica, 1940. Contém: 3ª parte do I Livro - Energia electromagnética. Fasc. 1º - Campos electrostático e magnetostático, no vazio

BGUC

58.

SILVA, Mário A. da - **Lições de física : apontamentos para uso dos alunos de física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra**. Coimbra : Livraria Académica, 1942. Contém: 3ª parte do I Livro Energia electromagnética. Fasc. 3º - Campo electromagnético estacionário

BGUC

59.

SILVA, Mário A. da - **Mecânica física : princípios fundamentais: Newton-Einstein**. [Coimbra] : Saber, 1945. Vol. 1

BGUC



61.

Fotografia de Mário Silva e capa da sua obra *Teoria do campo electromagnético (Maxwell-Lorentz-Einstein)* publicada em Coimbra em 1945.

60.

SILVA, Mário A. da - **Resumo das lições sobre a física das radiações ionizantes : feitas aos alunos do curso de preparatórios médicos da Faculdade de Ciências de Coimbra.** Coimbra : Casa Tipográfica Alves & Mourão, 1932. 1ª Parte
BGUC

61.

SILVA, Mário A. da - **Teoria do campo electromagnético : Maxwell-Lorentz-Einstein : lições feitas na cadeira de electricidade e magnetismo da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra no ano lectivo de 1945-1946.** Coimbra : [s.n.], 1945. Vol. 1
BGUC | DFUC

62.

SILVEIRA, António da - **Estrutura da luz : hipótese dos quanta : métodos de estatística.** [Lisboa : s.n., 1938]. Separata de: Técnica
BGUC

63.

SILVEIRA, António da - **Relatividade, ondas e corpúsculos.** [Lisboa : Instituto Superior Técnico, 1939]. Separata de: Técnica. Conferência realizada no Instituto Português de Oncologia
BGUC

64.

SILVEIRA, António da - **Teoria da electricidade.** Lisboa : Bertrand, 1941-1948. 2 vol. Vol. 1 : Campo electrostático ; Vol. 2 : Campo electromagnético
BGUC

65.

VALADARES, Manuel - **La loi photoélectrique d'Einstein et le phénomène de conversion interne.** [S.l. : s.n.], 1943 (Lisboa : Soc. Ind. de Tipografia). Separata de: Portugaliae Physica. Vol. 1, fasc. 1 (1943)
BGUC

Artigos

66.

ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA – Sessão da Classe de Ciências em 17 de Março de 1932. **Boletim da Academia das Ciências de Lisboa**. Nova Série, vol. 4, 1932, p. 146-148

67.

ANÁLISE moderna. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 231 (25 Fev. 1939), p. 8

68.

BASTO, Egas Ferreira Pinto – O átomo do hidrogénio : conferência feita em Coimbra no Instituto do Rádio. **Revista da Faculdade de Ciências**. Coimbra. Vol. 1, nº 1 (1931), p. 12-27

69.

BASTO, Egas Ferreira Pinto ; SILVA, Mário A. da – La “Théorie physique basée sur les phénomènes de radioactivité” du Dr. F. M. da Costa Lobo. **Revista da Faculdade de Ciências**. Coimbra. Vol. 2, nº 4 (1932), p. 263-280

70.

BRASIL, Jaime – Diálogo com o eminente Professor Paulo Langevin a propósito da posição da ciência ante o mundo moderno. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 186 (17 Abr. 1938), p. 1, 4

71.

BROGLIE, Louis de – A máquina e o espírito. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 199 (17 Jul. 1938), p. 6

72.

CACHO, Carlos F. M. – Das teorias físicas. **O Diabo**. Lisboa. A. 7, nº 303 (13 Jul. 1940), p. 4

73.

CACHO, Carlos F. M. – Newton e Einstein. **O Diabo**. Lisboa. A. 7, nº 314 (28 Set. 1940), p. 2, 5

74.

CARAÇA, Bento de Jesus - "A evolução da física" de Albert Einstein e Leopold Infeld. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 223 (31 Dez. 1938), p. 1, 4

75.

A CIÊNCIA e a realidade. **O Diabo**. Lisboa. Nº 191 (1938), p. 4

76.

COIMBRA, Leonardo - Bergson : «Durée et simultanéité» : à propos de la theorie d'Einstein. **A Águia**. Porto. S. 3, nº 4 (Out. 1922), p. 148

77.

COIMBRA, Leonardo - As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico : a relatividade generalizada. **A Águia**. Porto. S. 3, nº 3 (Set. 1922), p. 96-109

78.

COIMBRA, Leonardo - As doutrinas de Einstein, seu valor científico e filosófico : a teoria da relatividade restrita. **A Águia**. Porto. S. 3, nº 1 (Jul. 1922), p. 21-32

79.

COIMBRA, Leonardo - A máquina e a alma. **A Águia**. Porto. Nº 1 (Jan./Fev. 1932), p. 9-14

80.

COIMBRA, Leonardo - O principio da relatividade restrita. **A Águia**. Porto. S. 3, nº 58 (Abr./Jun. 1927), p. 72-81

81.

COIMBRA, Leonardo - Sobre a saudade. **A Águia**. Porto. S. 3, nº 11/12 (Maio/Jun. 1923), p. 147-164

82.

COMO um jornalista francês viu e ouviu Einstein na véspera da sua fuga para Inglaterra. **A Voz da Justiça**. Figueira da Foz. A. 32, nº 3191 (6 Dez. 1933), p. 2

83.

CONFERÊNCIAS. **Gazeta de Coimbra**. Ano 19, nº 2430 (12 Dez. 1929), p. 1

84.

COSTA, A. Ramos da - O ensino das matemáticas deve ser orientado para o estudo da relatividade. **Revista de Obras Públicas e Minas e das Ciências Aplicadas à Indústria**. Lisboa. Ano 56, nº 633 (Jul. 1925), p. 74-76

85.

COUTINHO, Gago - Comunicação do Sr. Gago Coutinho. **Boletim da Academia das Ciências de Lisboa**. Nova Série, vol. 6 (1934), p. 66-70

86.

COUTINHO, Gago - Mecânica clássica e mecânica relativista. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 540 (1937), p. 258

87.

COUTINHO, Gago - Mecânica clássica e mecânica relativista [I]. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 534 (1937), p. 118-121

88.

COUTINHO, Gago - Mecânica clássica e mecânica relativista II. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 535 (1937), p. 141-144

89.

COUTINHO, Gago - Mecânica clássica e mecânica relativista III. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 536 (1937), p. 163-165

90.

156

COUTINHO, Gago - Mecânica clássica e mecânica relativista IV. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 537 (1937), p. 192-195

91.

COUTINHO, Gago - A relatividade ao alcance de todos pela arimética. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 203 (1930), p 163-168

92.

COUTINHO, Gago - A relatividade examinada por um observador exterior. Lisboa. **Seara Nova**. Nº 593 (1938), p. 217-219

93.

COUTINHO, Gago - A relatividade parece, em princípio, absurda. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 229 (1930), p. 195-198

94.

COUTINHO, Gago - A relatividade perante o observador exterior. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 601 (1939), p. 13

95.

COUTINHO, Gago - Será a relatividade em princípio absurda?. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 200 (1930), p. 115-123

96.

COUTINHO, Gago - Será a relatividade em princípio absurda?. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 210 (1930), p. 284-285

97.

COUTINHO, Gago - Tentativa de interpretação simples da «Teoria da relatividade restrita» I : dedução das fórmulas. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 73, nº 3 (1926), p. 354-374

98.

COUTINHO, Gago - Tentativa de interpretação simples da «Teoria da relatividade restrita» II : discussão das fórmulas. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 73, nº 4 (1926), p. 540-565

99.

COUTINHO, Gago - Tentativa de interpretação simples da «Teoria da relatividade restrita» [III] : aplicação a algumas experiências de física. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 73, nº 5 (1926), p. 637-670

100.

COUTINHO, Gago - A vida lenta no projectil super-rápido de Langevin. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 282 (1932), p. 279-283

101.

CRUZ, João Perpétuo da - Contribution à l'étude de la Relativité Générale : l'espace et sa mesure. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 86, nº 4 (1933), p. 424-439

102.

DIONÍSIO, Sant' Anna - A ideia de reversibilidade e de tempo. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 535 (1937), p. 145-148

103.

EINSTEIN. **A Voz da Justiça**. Figueira da Foz. A. 32, nº 3191 (6 Dez. 1933), p. 1

104.

EINSTEIN e a harmonia interna do mundo. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 231 (25 Fev. 1939), p. 7

105.

EINSTEIN e a relatividade. **O Diabo**. Lisboa. A. 2, nº 87 (23 Fev. 1936), p. 7

106.

EINSTEIN e a vulgarização. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 233 (11 Mar. 1939), p. 7

107.

EXPERIÊNCIA e pensamento. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 244 (27 Maio 1939), p. 7

108.

158

FELIPE, Manuel - Einstein cidadão do mundo : notas do meu diário. **O Diabo**. Lisboa. A. 2, nº 53 (30 Jun. 1935), p. 3

109.

FERNANDES, A. de Mira - Un aspetto formale della derivazione tensoriale. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 25, fasc. 7 (1937), p. 309-311

110.

FERNANDES, A. de Mira - Connessioni finite. **Portugaliae Mathematica**. Lisboa. Vol 4, fasc. 4 (1945), p. 203-210

111.

FERNANDES, A. de Mira - Derivazione tensoriale composta negli spazii non puntuali. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 21, fasc. 8 (1935), p. 555-562

112.

FERNANDES, A. de Mira - Proprietà di alcune connessioni lineari. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 13, fasc. 3 (1931), p. 179-183

113.

FERNANDES, A. de Mira - Sulla teoria unitaria dello spazio fisico [Fisica]. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 17, fasc. 3 (1933), p. 227-230

114.

FERNANDES, A. de Mira - Sulla teoria unitaria dello spazio fisico [Matematica]. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 15, fasc. 10 (1932), p. 797-804

115.

FERNANDES, A. de Mira - Sur l'Écart géodésique, la courbure riemannienne et la courbure associée de Bianchi. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 7, fasc. 6 (1928), p. 482-486

159

116.

FERNANDES, A. de Mira - Le tenseur quadruple de Christoffel et le tenseur de Riemann. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali**. Roma. S. 6, vol. 9, fasc. 12 (1929), p. 1074

117.

FERNANDES, A. de Mira - Tensori associati ad un'ennupla vettoriale. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.** Roma. S. 6, vol. 9, fasc. 10 (1929), p. 858-860

118.

FERNANDES, A. de Mira - Transports isoclines et directions associées. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.** Roma. S. 6, vol. 8, fasc. 12 (1928), p. 676-679

119.

FERNANDES, A. de Mira - Transports superficiels. **Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti [della] Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.** Roma. S. 6, vol. 9, fasc. 3 (1929), p. 203-205

120.

GIÃO, António - A propos d'un ouvrage sur la Relativité : «La Théorie de la Relativité Restreinte» par O. Costa de Beauregard. **Gazeta de Matemática.** Lisboa. N° 44/45 (1950), p. 44-46

121.

GIÃO, António - La constante cosmologique gravifique et les équations de Gauss d'une hypersurface. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences.** Paris. T. 228 (1949), p. 812-813

122.

GIÃO, António - La distribution des galaxies et la structure cosmologique de l'espace-temps. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences.** Paris. T. 229 (1949), p. 981-982

123.

GIÃO, António - Equations du champ, équations du mouvement et fonctions d'onde I. **Le Journal de Physique et le Radium.** Paris. T. 12, n° 1 (1951), p. 31-40

124.

GIÃO, António - Equations du champ, équations du mouvement et fonctions d'onde II. **Le Journal de Physique et le Radium**. Paris. T. 12, n° 2 (1951), p. 99-106

125.

GIÃO, António - The equations of Codazzi and the relations between electromagnetism and gravitation. **Physical Review**. S. 2, vol. 76, n°6 (1949), p. 764-768

126.

GIÃO, António - Forces nucléaires, gravitation et électromagnétisme. **Portugaliae Mathematica**. Lisboa. Vol. 5, fasc. 3 (1946), p. 145-192

127.

GIÃO, António - Intensité et probabilité dans les systèmes spatio-temporels. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática. Série A**. Lisboa. Vol. 1, n° 2 (1947/1948), p. 29-40

128.

GIÃO, António - On the general motion of matter at the cosmological scale. **Physical Review**. S. 2, vol 80, n° 4 (1950), p. 755-756

129.

GIÃO, António - On the origin of positive and negative electricity. **Portugaliae Mathematica**. Lisboa. Vol. 8, fasc. 4 (1949), p. 143-153

130.

GIÃO, António - Propriétés magnétiques de la matière en rotation. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 34 (1947), p. 9-12

131.

GIÃO, António - Propriétés magnétiques de la matière en rotation. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 35 (1948), p. 10-12

132.

GIÃO, António - Quelques problèmes de physique théorique. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 50 (1951), p. 57-67

133.

GIÃO, António - Quelques propriétés des fonctions d'onde cosmologiques des particules élémentaires. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 30 (1946), p. 4-5

134.

GIÃO, António - Rationalisme cartésien et positivisme expérimental dans la science moderne. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 44-45 (1950), p. 1-4

135.

GIÃO, António - Sur l'angle des axes magnétique et de rotation des astres. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 228 (1949), p. 1203-1204

136.

GIÃO, António - Sur l'effet mécano-magnétique à l'intérieur des masses sphériques en rotation : application au champ magnétique terrestre. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 226 (1948), p. 645-647

137.

GIÃO, António - Sur l'existence de microélectrons. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 224 (1947), p. 454-456

162

138.

GIÃO, António - Sur le magnétisme des masses en rotation. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 224 (1947), p. 1813-1815

139.

GIÃO, António - Sur la masse propre des mésons. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 224 (1947), p. 1275-1277

140.

GIÃO, António - Sur le mouvement général de la matière à l'échelle cosmologique. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 231 (1950), p. 605-606

141.

GIÃO, António - Sur la propagation de la lumière dans un champ électrostatique. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 224 (1947), p. 1212-1214

142.

GIÃO, António - Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs I : Application au champ électrique. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 230 (1950), p. 278-280

143.

GIÃO, António - Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs II : Application aux champs magnétique et nucléaire. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 230 (1950), p. 434-436

144.

GIÃO, António - Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs III : Systèmes de particules. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 230 (1950), p. 1740-1742

145.

GIÃO, António - Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs IV : Application au spectre de l'hydrogène. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 230 (1950), p. 1838-1840

146.

GIÃO, António - Sur les rapports entre gravitation et électromagnétisme déduits des équations de Codazzi. Application au champ électromagnétique général des astres. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 228 (1949), p. 742-744

147.

GIÃO, António - Sur la relation entre le moment magnétique et le moment de rotation des masses sphériques. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 225 (1947), p. 924-926

148.

GIÃO, António - Sur les transformations de Lorentz internes et externes et le vent d'éther. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**. Paris. T. 226 (1948), p. 2051-2053

149.

GIÃO, António - Théorie des rapports entre gravitation et électromagnétisme et ses applications astrophysiques et géophysiques. **Le Journal de Physique et le Radium**. Paris. S. 8, t. 10, n° 7/8/9 (1949), p. 240-249

150.

GIÃO, António - Vers une réhabilitation du déterminisme. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N° 43 (1950), p. 7-9

151.

GOMES, Rui Luís - Les changements de référentiel et la cinématique des ensembles (de points) : quelques problèmes qui en dépendent. **Portugaliae Mathematica**. Lisboa. Vol. 1, fasc. 2 (1938), p. 181-203

152.

GOMES, Rui Luís - Introdução à teoria da relatividade restrita. **Sol Nascente**. Porto. A. 2, n° 32 (1938), p. 2-3

153.

GOMES, Rui Luís - Introdução à teoria da relatividade restrita. **Sol Nascente**. Porto. A. 2, n° 33 (1939), p. 2

154.

GOMES, Rui Luís - A noção de corpo rígido em relatividade restrita. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. N^o 58 (1954), p. 9-11

155.

GOMES, Rui Luís - A noção de tempo. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, n^o 213 (23 Out. 1938), p. 3

156.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais [I]. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 541 (1937), p. 283-284

157.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais II. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 543 (1938), p. 331-333

158.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais III. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 545 (1938), p. 379-381

159.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais IV. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 547 (1938), p. 4-7

160.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais V. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 550 (1938), p. 75-77

161.

GOMES, Rui Luís - A relatividade : origem, evolução e tendências actuais VI. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 553 (1938), p. 152-155

162.

GOMES, Rui Luís - A relatividade não contém absurdos : resposta do Prof. Ruy Luiz Gomes ao Almirante Gago Coutinho. **Seara Nova**. Lisboa. N^o 599 (1939), p. 348-350

163.

GOMES, Rui Luís - Resposta do Professor Ruy Luiz Gomes ao Almirante Gago Coutinho. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 593 (1938), p. 220-221

164.

GOMES, Rui Luís - Sobre a noção de distância em relatividade restrita. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. Nº 57 (1954), p. 3-4

165.

GOMES, Rui Luís - O verdadeiro sentido do princípio da invariância da física moderna. **Gazeta de Matemática**. Lisboa. Nº 55 (1953), p. 1-3

166.

GUIMARÃES, João Correia - César, Catão, Newton e Einstein. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 241 (6 Maio 1939), p. 7

167.

A HERANÇA de Einstein. **Jornal de Notícias**. Porto. Ano 67, nº 327 (1 Maio 1955), p. 1

168.

LE CORBUSIER e “La ville radieuse”. **O Diabo**. Lisboa. A. 6, nº 248 (24 Jun. 1939), p. 5, 9

169.

LE FRANC, René - Sábios alemães no estrangeiro. **O Diabo**. Lisboa. A. 2, nº 101 (31 Maio 1936), p. 4

170.

166

UMA LIÇÃO de Einstein. **Sol Nascente**. Porto. A. 3, nº 35 (1939), p. 16

171.

LIMA, João Maria de Almeida - Ideias recentes sobre a estrutura descontínua da matéria e da energia. **Revista de Artilharia**. Lisboa. Nº 117 (1914), p. 492-502

172.

LIMA, João Maria de Almeida – Ideias recentes sobre a estrutura descontínua da matéria e da energia. **Revista de Artilharia**. Lisboa. N.º 118 (1914), p. 553-565

173.

LIMA, João Maria de Almeida – Ideias recentes sobre a estrutura descontínua da matéria e da energia. **Revista de Artilharia**. Lisboa. N.º 119 (1914), p. 634-643

174.

LIMA, João Maria de Almeida – Ideias recentes sobre a estrutura descontínua da matéria e da energia. **Revista de Artilharia**. Lisboa. N.º 120 (1914), p. 689-701

175.

LIMA, João Maria de Almeida – Reflexões sobre o princípio da inércia. **Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais**. Lisboa. S. 3, t. 2, n.º 7 (1920), p. 133-139

176.

LIMA, Sílvio – Ciência e arte. **O Diabo**. Lisboa. A. 2, n.º 101 (31 Maio (1936), p. 1

177.

LIMA, Teresa – Alguns textos de Einstein. **O Diabo**. Lisboa. A. 6, n.º 253 (29 Jul. 1939), p. 2

178.

LOBO, Francisco Miranda da Costa – Congresso internacional de matemáticas : alocação pronunciada pelo delegado de Portugal. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 67, n.º 12 (1920), p. 601-604

179.

LOBO, Francisco Miranda da Costa – Dinâmica mundial e o iotão : fundamento da doutrina radiante. **Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa**. S. 62, n.º 5/6 (Maio/Jun. 1944), p. 368-402

180.

LOBO, Francisco Miranda da Costa – Explicação física da atracção universal. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 64, n.º 12 (1917), p. 611-613

181.

LOBO, Francisco Miranda da Costa - 2º Congresso da União Matemática Internacional realizado em Toronto de 11 a 15 de Agosto de 1924. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 71, nº 9 (1924), p. 387-411

182.

LOBO, Francisco Miranda da Costa - La structure de l'Univers. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 70, nº 11 (1923), p. 479- 492

183.

LOBO, Francisco Miranda da Costa - Theories in physics resulting from the phenomena of radio-activity. **Revista da Faculdade de Ciências**. Coimbra. Vol. 2, nº 2 (1932), p. 61-73

184.

A LUZ pesa. **O Século**. Lisboa. A. 39, nº 13609 (15 Nov. 1919), p. 2

185.

MAROTTE, F. - Uma grande época da física moderna : de Max Planck a Louis de Broglie. **Sol Nascente**. Porto. A. 3, nº 34 (1939), p. 6, 7

186.

MELO, Amílcar de - “Nova explicação do Universo pela teoria fotónica” pelo coronel António José Bernardes de Miranda. **Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa**. S. 62, nº 3/4 (Mar./Abr. 1944), p. 271

187.

MIRANDA, A. J. Bernardes - A lei da gravitação. **Revista de Artilharia**. Lisboa. S. 2, nº 42 (1928), p. 169-192

168

188.

MIRANDA, A. J. Bernardes - Nova explicação do Universo. **Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa**. S. 62, nº 3/4 (Mar./Abr. 1944), p. 155-177

189.

MIRANDA, A. J. Bernardes - A Teoria do Universo II. **Revista de Artilharia**. Lisboa. S. 2, nº 43 (1929), p. 229-253

DESCOBERTAS CIENTIFICAS

A luz pesa

PARIS, 12. — Os astrónomos britânicos que observaram o eclipse total do sol no mez de maio ultimo affirmam que, por meio de fotografias obtidas durante aquelle phenomeno celeste, ficou plenamente demonstrado que a luz, tal como a materia ponderavel, se encontra sujeita á gravitação.

Para discutir tão interessante questão científica, reuniram-se em sessão ordinaria, na quinta-feira da semana passada, a Real Sociedade Britanica e a Real Sociedade Astronomica de Londres.

Duas expedições científicas foram mandadas pela Gran-Bretanha estudar o mencionado eclipse: uma instalou-se no Principe, ao occidente de Africa, e a outra em Sobral, no norte do Brazil. Ambas tinham por objetivo principal fotografar o maior numero possivel de estrelas proximas do sol, com o fim de verificar se os raios de luz por ellas emitidos sofriam alguma inflexão na sua passagem pelas imediações do sol, como consequencia da ação de gravitação exercida por este astro.

As duas missões científicas tiveram um exito satisfatorio.

No Principe, apesar de se ter apresentado nebulosa a atmosfera, conseguiu-se obter algumas fotografias, em que ficava perfeitamente comprovado que a luz estelar sofre uma inflexão ao passar junto da orla do disco solar. Em Sobral, os resultados foram ainda mais numerosos e patentes. Os sabios reunidos para examinar as fotografias obtidas e ouvir as explicações dos expedicionarios, tiveram de admitir que, com effeito, a luz apparece atraída pela gravitação solar, isto é, que a luz pesa.

O celebre fisico «sir» Joseph Thomson, resumindo a discussão, fez notar que «a demonstração da ponderabilidade da luz é a maior descoberta feita depois que Newton formulou as leis da gravitação universal, e é, além d'isso, um dos maiores progressos na historia das conquistas do pensamento humano». — (*Século*).

Um novo cometa

PARIS, 12. — M. Alexandre Schaumasse descobriu, do observatorio de Nice, pela madrugada de 29 de outubro, um novo cometa. É de magnitude 12 e está situado ao norte da constelação de Virgo. — (*Século*).

190.

MIRANDA, A. J. Bernardes - A Teoria do Universo III. **Revista de Artilharia**. Lisboa. S. 2, nº 45 (1929), p. 358-372

191.

MIRANDA, A. J. Bernardes - A Teoria do Universo III : [conclusões]. **Revista de Artilharia**. Lisboa. S. 2, nº 46 (1929), p. 421-429

192.

MORREU Einstein o maior sábio da actualidade. **Diário de Coimbra**. Ano 25, nº 8251 (19 Abr. 1955), p. 1

193.

NÚCLEO DE MATEMÁTICA, FÍSICA E QUÍMICA - Mecânica clássica e mecânica relativista. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 539 (1937), p. 235

194.

OLIVEIRA, Flório J. - Fleming e Einstein : cidadãos do mundo. **Diário de Coimbra**. A. 26, nº 8285 (24 Maio 1955)

195.

OOM, Frederico - O eclipse total do Sol em 29 de Maio de 1919 visível na ilha do Príncipe. **O Instituto**. Coimbra. Vol. 64, nº 2 (Fev. 1917), p. 97-98

196.

PAINLEVÉ, Paul - Einstein. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 215 (6 Nov. 1938), p. 3

197.

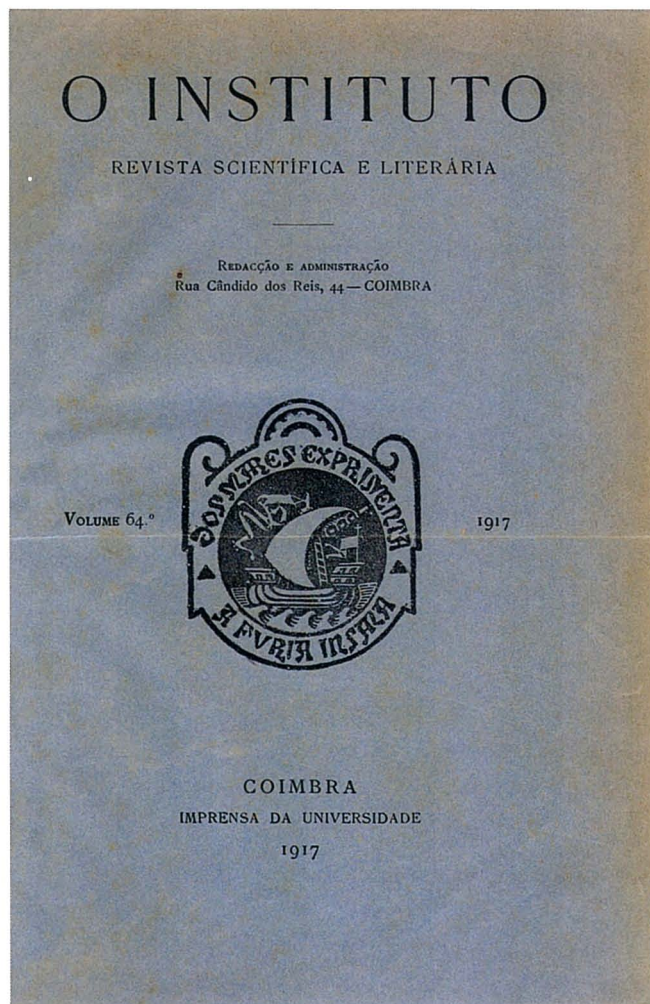
PAUL Langevin. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17154 (10 Dez. 1929), p. 1

198.

PÉREZ DEL PULGAR, J.A. - Da mecânica relativista à mecânica ondulatória Einstein - Schrödinger. **Brotéria**. Lisboa. Vol. 8 (1929), p. 29-37

199.

PÉREZ DEL PULGAR, J.A. - A nova mecânica ondulatória. **Brotéria**. Lisboa. Vol. 10 (1930), p. 12-19



194.

171

Capa do volume 64 da revista *O Instituto* publicado em 1917. Frederico Oom é autor neste volume do artigo *O Eclipse total do Sol em 29 de Maio de 1919 visível na ilha do Príncipe*.

200.

QUINTINHA, Julião – O judeu errante... : pela segunda vez indica-se a África como solução do problema israelita. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 205 (28 Ago. 1938), p. 8

201.

REDONDO JÚNIOR – Acerca de viagens interplanetárias. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 174 (23 Jan. 1938), p. 4, 7

202.

REIS, Manuel dos – A teoria da relatividade e o absurdo numa crítica. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 207 (1930), p. 227-233

203.

REIS, Manuel dos – A teoria da relatividade e o absurdo numa crítica. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 209 (1930), p. 264-271

204.

REIS, Manuel dos – A teoria da relatividade e o absurdo numa crítica. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 219 (1930), p. 43-46

205.

“A RELATIVIDADE : origem, evolução e tendências actuais” por Ruy Luís Gomes. **Seara Nova**. Lisboa. Nº 601 (1939), p. 18

206.

SÁBIOS judeus. **O Diabo**. Lisboa. A. 2, nº 95 (19 Abr. 1936), p. 6

207.

SALAZAR, Abel – Carta a António Sérgio. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 155 (13 Jun. 1937), p. 8

208.

SALAZAR, Abel – As críticas de António Sérgio e a necessidade de actualização do pensamento português. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 156 (20 Jun. 1937), p. 8

209.

SALAZAR, Abel - Mecânica relativista por Gago Coutinho in "Seara Nova". **Sol Nascente**. Porto. A. 1, nº 20 (1937), p. 5

210.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo [I]. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 114 (30 Ago. 1936), p. 7

211.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo II. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 115 (6 Set. 1936), p. 1, 8

212.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo III : a ciência, o sentimento da vida e a atitude emotiva do Homem. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 116 (13 Set. 1936), p. 3, 7

213.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo IV : uma historieta preliminar. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 117 (20 Set. 1936), p. 1

214.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo V : o espaço. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 118 (27 Set. 1936), p. 4

215.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo VI : o mundo em grande, pequena e média escala. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 120 (11 Out. 1936), p. 2

216.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo VII : o tempo. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 121 (18 Out. 1936), p. 7

217.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo VIII : simultaneidade, causalidade e complementaridade. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 122 (23 Out. 1936), p. 3, 7

218.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo IX : a relatividade do movimento. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 123 (1 Nov. 1936), p. 7

219.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo X : os precursores : Mach e Poincaré. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 125 (15 Nov. 1936), p. 3, 7

220.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XI : os precursores : ainda Poincaré. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 127 (29 Nov. 1936), p. 7

221.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XII : os precursores : Lobatchewsky, Riemann : as geometrias não-euclidianas e a sua significação filosófica. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 128 (6 Dez. 1936), p. 6

222.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XIII : os precursores : Whitehead e Russell : a logística. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 130 (20 Dez. 1936), p. 2

223.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XIV : o mundo da física moderna. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 131 (27 Dez. 1936), p. 6

224.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XV : o microcosmos : a matéria, a teoria dos quanta e o heisenbergismo. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 135 (24 Jan. 1937), p. 7

174

225.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XVI : a relatividade restrita de Einstein. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 137 (7 Fev. 1937), p. 3, 7

226.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XVII : de como um elevador, um arranha-céus, vai introduzir o leitor na teoria geral da relatividade. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 138 (14 Fev. 1937), p. 3, 7



Primeira página do jornal *O Diabo* de 31 de Dezembro de 1938 onde aparece o artigo de Bento de Jesus Caraça intitulado «A evolução da Física de Albert Einstein e Leopold Infeld» e o artigo de Abel Salazar *O pensamento positivo contemporâneo : de como um elevador, um arranha-céus, vai introduzir o leitor na teoria geral da relatividade*, publicado no mesmo jornal em 14 Fevereiro de 1937.

227.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XVIII : Boltzmann e Heisenberg : a crise do determinismo : causalidade e probabilidade. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 139 (21 Fev. 1937), p. 2

228.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XIX : um parêntesis... **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 150 (9 Maio 1937), p. 2, 6

229.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XX : o universo einsteiniano. **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 152 (23 Maio 1937), p. 2, 6

230.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXI : o universo einsteiniano e o universo “pitoresco”... **O Diabo**. Lisboa. A. 3, nº 154 (6 Jun. 1937), p. 2

231.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXII : outra paragem... **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 157 (27 Jun. 1937), p. 8

232.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXIII : a crise das matemáticas e das lógicas. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 158 (4 Jul. 1937), p. 4

233.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXIV : uma pausa e um pouco de conversa... **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 159 (11 Jul. 1937), p. 8

176

234.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXV : A Escola de Viena : sua posição no fluxo histórico do pensamento. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 160 (17 Out. 1937), p. 2, 7

235.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXVI : A Escola de Viena : Introdução. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 161 (24 Out. 1937), p. 3, 6

236.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXVII : A Escola de Viena. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 170 (26 Dez. 1937), p. 2

237.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXIX : A Escola de Viena - Moritz Schlick. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 171 (2 Jan. 1938), p. 7

238.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXX. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 173 (16 Jan. 1938), p. 3

239.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXXI. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 175 (30 Jan. 1938), p. 3

240.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXXII : A Escola de Viena: Reichenbach: a desdivinização e a deshumanização da natureza. **O Diabo**. Lisboa. A. 4, nº 177 (13 Fev. 1938), p. 6

241.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXXIII : Escola de Viena : Hans Hahn : pensamento e realidade. **O Diabo**. A. 4, nº 179 (27 Fev. 1938), p. 5

242.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo XXXIV : Escola de Viena : Hans Hahn : a metafísica é impossível. **O Diabo**. A. 4, nº 183 (27 Mar. 1938), p. 2

243.

SALAZAR, Abel - O pensamento positivo contemporâneo : um parêntesis. **O Diabo**. Lisboa. A. 5, nº 208 (18 Set. 1938), p. 2

244.

SALAZAR, Abel - 2ª carta ao Snr. Dr. Casais Monteiro. **Sol Nascente**. Porto. A. 1, nº 7 (1937), p. 4-5, 13-15

245.

O SÉCULO em Coimbra : conferências. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17154 (10 Dez. 1929), p. 2

246.

O SÉCULO em Coimbra : Professor Langevin. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17155 (11 Dez. 1929), p. 9

247.

O SÉCULO no Porto : conferências. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17156 (12 Dez. 1929), p. 7

248.

SIMAS, M. S. de Melo e - Ocultação de uma estrela por Júpiter. **Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais**. Lisboa. S. 3, t. 24, nº 95 (Jun. 1926), p. 115-122

249.

SIMAS, M. S. de Melo e - A teoria da relatividade. **Dados Astronómicos para os Almanques de 1924**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1922. p. 43-57

250.

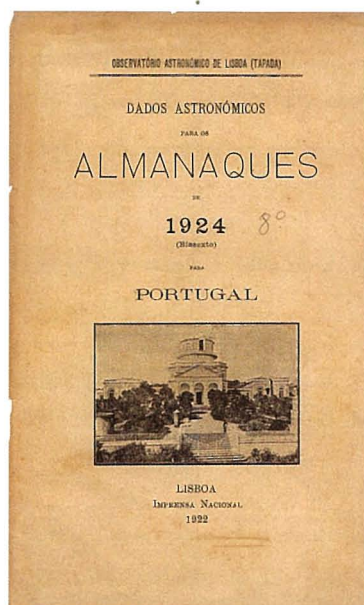
SIMÕES, João Gaspar - Einstein perante o Apocalipse. **Jornal de Notícias**. Porto. A. 67, nº 333 (8 Maio 1955), p. 1, 3

251.

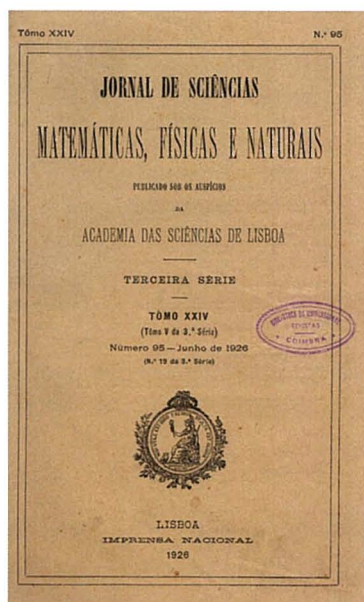
STORMER, Carl - B, A - B A : moléculas e átomos. **O Diabo**. Lisboa. A. 6, nº 271 (2 Dez. 1939), p. 3

252.

TELES, Basílio - La notion de temps. **Anais Científicos da Academia Politécnica do Porto**. Coimbra : Imprensa da Universidade. Vol. 7, nº 1 (1912), p. 99-111



249.



179

Capa da publicação *Dados Astronómicos para os Almanques de 1924*, publicada em Lisboa pela Imprensa Nacional em 1922 e capa do n.º 95 do *Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais*, publicado em Lisboa pela Imprensa Nacional em 1926.

Na primeira destas publicações Melo e Simas publicará *A teoria da relatividade* e na segunda *Ocultação de uma estrela por Júpiter*.

253.

TELES, Basílio - La notion de temps (éclaircissements). **Anais Científicos da Academia Politécnica do Porto**. Coimbra : Imprensa da Universidade. Vol. 14, nº 4 (1922), p. 237- 242

254.

A TEORIA da relatividade. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17149 (5 Dez. 1929), p. 8

255.

TEORIA da relatividade : a confirmação da relatividade restrita, pelo Professor Langevin. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17150 (6 Dez. 1929), p. 4

256.

A TEORIA da relatividade : a última conferência do Prof. Dr. Langevin, do Colégio de França. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17151 (7 Dez. 1929), p. 9

257.

VALOR filosófico da teoria da relatividade : a conferência do Prof. Dr. Paul Langevin, na Faculdade de Ciências. **O Século**. Lisboa. A. 49, nº 17147 (3 Dez. 1929), p. 8

258.

A “VILLE RADIEUSE” e a técnica. **O Diabo**. Lisboa. A. 6, nº 249 (1 Jul. 1939), p. 6

259.

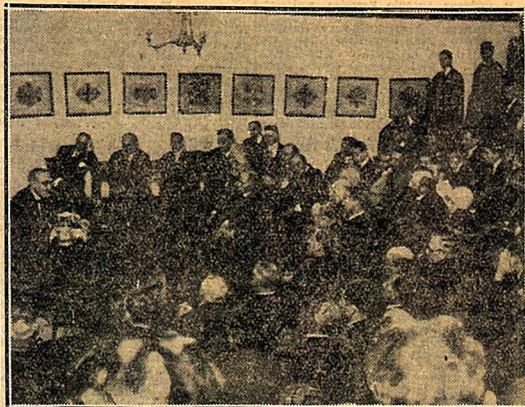
WESSEL, Walter - Formation et manifestation des atomes. **Revista da Faculdade de Ciências**. Coimbra. Vol. 1, nº 2 (1931), p. 137-152

260.

WESSEL, Walter - Sur la théorie quantique de l'interaction entre le rayonnement et la matière. **Revista da Faculdade de Ciências**. Coimbra. Vol. 3, nº 1 (1933), p. 12-38

Valor filosofico da teoria da relatividade

A conferencia do Prof. dr. Paul Langevin, na Faculdade de Sciencias



O prof. Langevin proferindo a sua conferencia

O Instituto Francés de Portugal quis dar aos nossos cientistas, de acordo com a Faculdade de Sciencias de Lisboa, o prazer de ouvir as lições duma das figuras mais representativas da sciencia franceza. Assim, foi convidado a visitar Portugal o sabio professor dr. Paul Langevin, do Colegio de França, que, ontem, no anfiteatro da antiga Escola Politecnica, dissertou sobre «O valor filosofico da teoria da relatividade».

Para escutar a sua lição, reuniram-se muitos estudantes e estudiosos, alguns cadeirantes das diversas Faculdades e todo o corpo docente da de Sciencias. O sr. Eugenio Pralon representava a França official e o sr. almirante Gago Coutinho a sciencia portugueza que trabalha fora dos laboratorios de saber que são as Universidades.

Cerca das 22 horas, o sr. prof. dr. Santos Lucas, director da Faculdade de Sciencias, fez, em breves palavras, a apresentação do prof. Langevin, fisico e matematico eminente, que desde os trinta annos exerce o magisterio no Colegio de França.

A sua notavel tecnica das «ondas ultrasonoras» e os profundos estudos a que se consagrou de «Teoria da relatividade», estudos a que o prof. Santos Lucas disse ter tido ensejo de se referir na sua cátedra, são com a propaganda que tem feito daquela teoria, de molde a consagrar o prof. Langevin como uma das maiores figuras da sciencia franceza contemporanea.

Concedida a palavra ao prof. Langevin, o sabio francès começou afirmando o seu jubilo por se encontrar entre nós, numa cidade como Lisboa, de tão antigas tradições scientificas.

Expôs, seguidamente, a tesa da sua conferencia, cujo desenvolvimento, mesmo na síntese necessaria duma breve noticia, exige o conhecimento profundo dos transcendentales problemas debatidos.

Durante mais de uma hora, com a voz habituada as preleções da cátedra, voz sem inflexões e attitud quasi sem gestos, o sabio professor dissertou sobre o lado humano, filosofico, geral das teorias de Einstein. Afirmou que o periodo actual da filosofia das sciencias ficara conhecido pelo periodo da relatividade, pois esse corpo de doutrina é o que melhor representa o conjunto dos nossos conhecimentos presentes.

O relativismo — disse — veio resolver o conflito existente entre a teoria mecanica e a electro-magnetica, como explicar outros paradoxos e dvidas scientificas.

Expôs os principios da relatividade restrita e da relatividade generalizada, enuncianado as concepções que diminham das

duas e a parte critica e construtiva do sistema.

O relativismo deu lugar a uma nova mecanica dos infinitamente pequenos, a mecanica ondulatoria, a que se tem consagrado particularmente o seu discipulo Luis de Broglie. O desenvolvimento da mecanica ondulatoria é talvez a consequencia mais importante da teoria da relatividade.

O conferencista traçou depois, na pedra, um esquema das duas attitudes scientificas, a antiga, que cria na acção instantanea a distancia e que se fundava nas doutrinas de Newton, Laplace, Coulomb e Ampere, as quais concediam admitindo tempo absoluto e a massa absoluta. A outra attitud, a da relatividade, representada por Hypphens, Faraday, Maxwell, Lorentz e Einstein, estabelece a acção difundida a distancia e o tempo relativo.

O prof. Langevin demorou-se a explicar a relatividade restrita, originada na critica de Einstein a velha concepção do tempo absoluto, expendo como na transposição das conclusões a que chegou o sabio alemão, para a antiga concepção do espaço absoluto, surgiu a teoria da relatividade generalizada.

Passou a referir-se o conferencista a parte construtiva da teoria, que consiste, especialmente, em conciliar noções até então opostas, como as de espaço e de tempo, criando a entidade superior «espaço-tempo». O relativismo incorporou a mecanica na fisica, unificando esta, e estabeleceu uma geometria nova, modificando a geometria euclidiana. Essa adaptação do pensamento ao facto, esse esforço de renovação das formas do pensamento, necessariamente doloroso, provoca a reacção das attitudes anteriores. A transformação consiste, sobretudo, em abandonar a concepção estática duma geometria inangivel, duma mecanica distilla da fisica, duma noção de tempo oposta à de espaço, para integrar tudo em entidades superiores, unificadas, sincreticas, reordenadas do caracter dinamico da vida do espirito.

O conferencista, depois de exaltar o esforço que representam as novas conquistas do pensamento, formando a guarda avançada da acção da humanidade, terminou apresentando algumas conclusões gerais sobre a attitud dos que pensam e estudam em face dos altos problemas da sciencia.

O prof. Langevin ouviu vibrantes e prolongados aplausos ao terminar a sua lição, sendo pessoalmente cumprimentado pelos professores e homens de sciencia que a ouviram.

A proxima conferencia do sabio professor realiza-se amanhã, pela: 17.30, no mesmo local, versando «A nova mecanica e a inercia da energia».

(Página deixada propositadamente em branco)

BIBLIOGRAFIA PRIMÁRIA

Monografias

261.

EINSTEIN, Albert - **The collected papers of Albert Einstein**. Ed. John Stachel ; translator Anna Bech. Princeton, NJ : Princeton University Press, 1987-1989
DFUC

262.

EINSTEIN, Albert - **Comment je vois le monde**. Paris : Ernest Flammarion, imp. 1937. (Bibliothèque de Philosophie Scientifique)
BGUC

263.

EINSTEIN, Albert - **Como vejo o mundo**. Lisboa : Empresa Nacional de Publicidade, 1961. (Excelsior)
BGUC

264.

EINSTEIN, Albert - **Conceptions scientifiques, morales et sociales**. Paris : Flammarion, cop. 1952
DFUC

183

265.

EINSTEIN, Albert - **Correspondance : 1903-1955**. Paris : Hermann, 1972. (Histoire de la Pensée)
DFUC

266.

EINSTEIN, Albert - **Correspondance : 1916-1955**. Paris : Éditions du Seuil, 1972
DFUC

267.

EINSTEIN, Albert - **L'éther et la théorie de la relativité : la geometrie et l'expérience**.
3th ed. rev. Paris : Gauthier-Villars, 1953
DFUC

268.

EINSTEIN, Albert - **Field theories, old and new**. New York : Readex Microprint Corporation, 1960. Reprodução do artigo publicado no New York Times, 3 de Fevereiro de 1929
BGUC

269.

EINSTEIN, Albert - **Física e realidade**. Apres., introd. e trad. A. M. Nunes dos Santos. 1ª ed. Lisboa : Univ. Nova de Lisboa - Fac. de Ciências e Tecnologia, 1990. ISBN 972-595-075-5
BGUC

270.

EINSTEIN, Albert - **Ideas and opinions**. New York : Crown Publishers, 1956
DFUC

271.

EINSTEIN, Albert - **Investigations on the theory of the brownian movement**.
London : Methuen, 1926
DFUC

272.

EINSTEIN, Albert - **Lettres à Maurice Solovine**. Paris : Gauthier-Villars, 1956.
Reprodução facsimilada das cartas originais
DFUC

273.

EINSTEIN, Albert - **Mas socialismo porquê?**. Porto : Pedro Francisco, [1969?].
(Textos Afrontamento ; 1)

BGUC

274.

EINSTEIN, Albert - **The meaning of relativity**. 3 rd. ed. with an appendix. London
: Methuen, 1946

DFUC

275.

EINSTEIN, Albert - **The origins of the general theory of relativity**. Glasgow : Jackson,
Wylie and Co., 1933

BGUC

276.

EINSTEIN, Albert - **Out of my later years**. London : Thames and Hudson, 1950

DFUC

277.

EINSTEIN, Albert - **Quatre conférences sur la théorie de la relativité faites à
l'Université de Princeton**. Traduites de l'allemand par Maurice Solovine. Paris :
Gauthier-Villars, 1925

BGUC

278.

EINSTEIN, Albert - **O significado da relatividade com a teoria relativista do campo
não simétrico**. Trad. da 5ª edição pelo Prof. Mário Silva. Coimbra : Arménio Amado,
1958. (Studium ; 76)

BGUC

279.

EINSTEIN, Albert - **Sur le problème cosmologique : théorie de la gravitation
généralisée**. Paris : Gauthier-Villars, 1951

DFUC

280.

EINSTEIN, Albert - **La théorie de la relativité restreinte et générale : exposé élémentaire : La relativité et le problème de l'espace.** Paris : Gauthier-Villars, 1954
DFUC

281.

EINSTEIN, Albert - **La théorie de la relativité restreinte et généralisée : mise a la portée de tout le monde.** Traduit par J. Rouvière. Paris : Gauthier-Villars, 1921. (Actualités Scientifiques). Trad. da 2ª ed. alemã
BGUC | DFUC

282.

EINSTEIN, Albert ; GROSSMANN, Albert - **Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation.** Leipzig ; Berlin : Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1913. I : Physikalischer Teil; II : Mathematischer Teil
DFUC

283.

EINSTEIN, Albert ; INFELD, Leopold - **A evolução da física : o desenvolvimento das ideias desde os primitivos conceitos até à relatividade e aos quanta.** Trad. Monteiro Lobato. Lisboa : Livros do Brasil, 1957. (Enciclopédia ; 3).
DFUC | BGUC

284.

EINSTEIN, Albert ; INFELD, Léopold - **L'évolution des idées en physique : des premiers concepts aux théories de la relativité et des quanta.** Traduit de l'anglais par Maurice Solovine. Paris : Flammarion, 1938. (Bibliothèque de Philosophie Scientifique)
BGUC

186

285.

EINSTEIN, Albert ; MAYER, W. - **Einheitliche Theorie von Gravitation und Elektrizität.** Berlin : Verlag der Akademie der Wissenschaften, 1931
DFUC

286.

LORENTZ, H. A. ; EINSTEIN, A. ; MINKOWSKI, H. - **O princípio da relatividade.** Colectânea de artigos com um ensaio de H. Weyl ; notas O.

Sommerfeld , pref. A. Blumenthal ; pref. Manuel dos Reis ; trad. Mário José Saraiva.
Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, imp. 1972. (Textos Fundamentais da Física Moderna ; 1)

BGUC

287.

LORENTZ, H. A. [et. al.] - **The principle of relativity : a collection of original memoirs on the special and general theory of relativity.** Transl. by W. Perrett and G. B. Jeffery. New York : Dover Publications, [1923]

DFUC

288.

ALIOTTA, Antonio [et al.] - **Cinquant'anni di relatività : 1905-1955 : le memorie fondamentali di Albert Einstein e il valore delle teorie relativistiche sotto l'aspetto fisico, matematico, astronomico e filosofico, negli scritti originali di Antonio Aliotta...[et al.].** Prefazione di Albert Einstein. 2da ed. Firenze : Ed. Giuntine; Sansoni Editore, cop. 1955

DFUC

289.

FREUNDLICH, Erwin - **The foundations of Einstein's theory of gravitation.** Preface by Albert Einstein. Cambridge : Cambridge University Press, 1920

DFUC

290.

MARTIN, Charles-Noël - **A bomba H : princípio ou fim ?.** Com uma mensagem de Albert Einstein ; trad. de José Júlio Andrade dos Santos. Lisboa : Livros do Brasil, [1955?]. (Coleção Vida e Cultura ; 4)

BGUC

291.

PLANCK, Max - **Adonde va la ciencia ?.** Prólogo de Albert Einstein ; trad. de Felipe Jiménez de Asúa. 3ª ed. Buenos Aires : Editorial Losada, 1947. (Ciencia y vida)

BGUC

292.

VALLENTIN, Antonina - **Stresemann.** Préf. Albert Einstein. Paris : Ernest Flammarion, cop. 1931

BGUC

Artigos

293.

EINSTEIN, Albert - Eine Ableitung des Theorems von Jacobi. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1917), p. 606-608

294.

EINSTEIN, Albert - Antrittsrede. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1914), p. 739-742

295.

EINSTEIN, Albert - Antwort auf eine Abhandlung M. v. Laues «Ein Satz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und seine Anwendung auf die Strahlungstheorie». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 47 (1915), p. 879-885

296.

EINSTEIN, Albert - Antwort auf eine Bemerkung von J. Stark : «Über eine Anwendung des Planckschen Elementargesetzes». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 38 (1912), p. 888

297.

EINSTEIN, Albert - Apreciação sobre Planck. Trad. Carlos Barral. **Gazeta de Física**. Lisboa. Vol. 1, fasc. 6 (Jan. 1948), p. 183-184

298.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung über periodische Schwankungen der Mondlänge, welche bisher nach der Newtonschen Mechanik nicht erklärbar schienen. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1919), p. 433-436

299.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zu Abrahams vorangehender Auseinandersetzung «Nochmals Relativität und Gravitation». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 39 (1912), p. 704

300.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zu dem Gesetz von Eötvös. **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 34 (1911), p. 165-169

301.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zu der Arbeit von D. Mirimanoff : «Über die Grundgleichungen». **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 28 (1909), p. 885-888

302.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zu der Franz Seletyschen Arbeit «Beiträge zum kosmologischen System». **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 69 (1922), p. 436-438

303.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zu meiner Arbeit : «Eine Beziehung zwischen dem elastischen Verhalten ...». **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 34 (1911), p. 590

304.

EINSTEIN, Albert - Bemerkung zur vorstehenden Notiz (des Hrn. V. Brunn). **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1919), p. 711

305.

EINSTEIN, Albert - Bemerkungen zu den P. Hertzschen Arbeiten : «Über die mechanischen Grundlagen der Thermodynamik». **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 34 (1911), p. 175-176

306.

EINSTEIN, Albert - Bemerkungen zu der Abhandlung von E. Trefftz : «Das statische Gravitationsfeld zweier Massenpunkte in der Einsteinschen Theorie». **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1922), p. 448-449

307.

EINSTEIN, Albert - Bemerkungen zu der Notiz von Hrn. Paul Ehrenfest : «Die Translation deformierbarer Elektronen und der Flächensatz». **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 23 (1907), p. 206-208

308.

EINSTEIN, Albert - Bemerkungen zu meiner Arbeit «Zur allgemeinen Relativitätstheorie». **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1923), p. 76-77

309.

EINSTEIN, Albert - Berichtigung zu meiner Arbeit: «Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 34 (1911), p. 591-592

310.

EINSTEIN, Albert - Berichtigung zu meiner Arbeit: «Die Plancksche Theorie der Strahlung etc.». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 22 (1907), p. 800

311.

EINSTEIN, Albert - Eine Beziehung zwischen dem elastischen Verhalten und der spezifischen Wärme bei festen Körpern mit einatomigem Molekül. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 34 (1911), p. 170-174

312.

EINSTEIN, Albert - Bietet die Feldtheorie Möglichkeiten für die Lösung des Quantenproblems?. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1923), p. 359-364

313.

EINSTEIN, Albert - A comment on a criticism of unified field theory. **Physical Review**. New York. S. 2, vol. 89 (Jan.-Mar.1953), p. 321

314.

EINSTEIN, Albert - Dédution thermodynamique de la loi de l'équivalence photochimique. **Journal de Physique Théorique et Appliquée**. Paris. Tome 3 (1913), p. 277-282

315.

EINSTEIN, Albert - Einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Elektrizität. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1925), p. 414-419

316.

EINSTEIN, Albert - Elementare Betrachtungen über die thermische Molekularbewegung in festen Körpern. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 35 (1911), p. 679-694

317.

EINSTEIN, Albert - Der Energiesatz in der allgemeinen Relativitäts-theorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1918), p. 448-459

318.

EINSTEIN, Albert - Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1915), p. 831-839

318.

EINSTEIN, Albert - Ernst Mach. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 17 Jahrgang (1916), p. 101-104

320.

EINSTEIN, Albert - Die Feldgleichungen der Gravitation. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1915), p. 844-847

321.

EINSTEIN, Albert - Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 4 (1901), p. 513-523

322.

EINSTEIN, Albert - Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitäts-theorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1914), p. 1030-1085

191

323.

EINSTEIN, Albert - Gedächtnisrede auf Karl Schwarzschild. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1916), p. 768-770

324.

EINSTEIN, Albert - A generalized theory of gravitation. **Reviews of Modern Physics**. New York. Vol. 20 (1948), p. 35-39

325.

EINSTEIN, Albert - Geometrie und Erfahrung. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1921), p. 123-130

326.

EINSTEIN, Albert - Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 49 (1916), p. 769-822

327.

EINSTEIN, Albert - Hamiltonsches Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. 42 (1916), p. 1111-1116

328.

EINSTEIN, Albert - Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 18 (1905), p. 639-641

329.

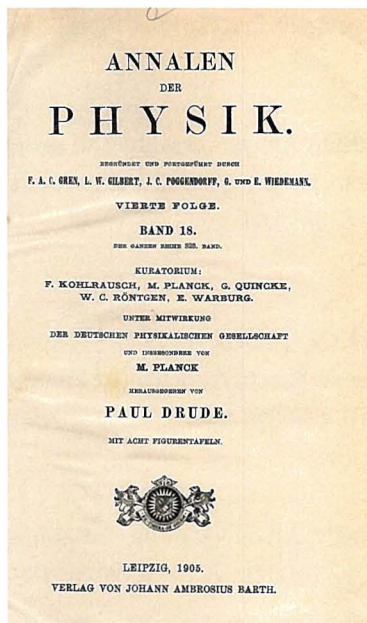
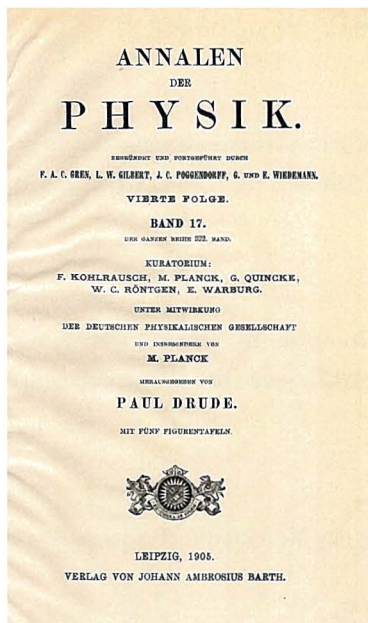
EINSTEIN, Albert - Kinetische Theorie des Wärmegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 9 (1902), p. 417-433

330.

EINSTEIN, Albert - Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1917), p. 142-152

331.

EINSTEIN, Albert - Kritisches zu einer von Hrn. De Sitter gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1918), p. 270-272



328.

Páginas de rosto dos volumes 17 e 18 da revista *Annalen der Physik*.

Em 1905 Einstein publica no vol. 17 de *Annalen der Physik* o primeiro artigo do seu “annus mirabilis” *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* (Sobre a produção e transformação da luz numa perspectiva heurística). Neste artigo fornece uma explicação para o efeito fotoelétrico, descoberto por Heinrich Hertz, em 1888, supondo que a luz era composta de partículas discretas – os fotões. Este trabalho dará origem ao Prémio Nobel do ano 1921.

O segundo artigo publicado por Einstein nesse ano *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* (Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor), é o primeiro artigo do autor sobre o movimento browniano.

Em 30 de Junho 1905 Einstein submete o terceiro artigo *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento) à revista *Annalen der Physik*. As ideias aqui expostas formam a base da teoria da relatividade restrita.

Em 27 de Setembro de 1905 é apresentado o quarto artigo que contém a equação mais famosa da física onde Einstein apresenta a equivalência massa-energia ($E=mc^2$). Será publicado no vol. 18 de *Annalen der Physik* com o título *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* (Dependerá a inércia de um corpo da energia que possui?).

332.

EINSTEIN, Albert - Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 38 (1912), p. 355-369

333.

EINSTEIN, Albert - Nachtrag zu meiner Arbeit: «Thermodynamische Begründung des photochemischen Äquivalentgesetzes». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 38 (1912), p. 881-884

334.

EINSTEIN, Albert - Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1916), p. 688-696

335.

EINSTEIN, Albert - Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 19 (1906), p. 289-306

336.

EINSTEIN, Albert - Ein neue elektrostatische Methode zur Messung kleiner Elektrizitätsmengen. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 9 Jahrgang (1908), p. 216-217

337.

EINSTEIN, Albert - Eine neue formale Deutung der Maxwellschen Feldgleichungen der Elektrodynamik. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1916), p. 184-188

338.

EINSTEIN, Albert - A nova teoria do campo. **Dados Astronómicos para os Almanques de 1930**. Lisboa : Imprensa Nacional, 1929. p. 49-59

339.

EINSTEIN, Albert - Physik und Realität. **Journal of The Franklin Institute**. Philadelphia. Vol. 221, nº 3 (March 1936), p. 313-347

340.

EINSTEIN, Albert - Die Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 22 (1907), p. 180-190

341.

EINSTEIN, Albert - Das Prinzip von der Erhaltung der Schwerpunktsbewegung und die Trägheit der Energie. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 20 (1906), p. 627-633

342.

EINSTEIN, Albert - Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie . **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 55 (1918), p. 241-244

343.

EINSTEIN, Albert - Prinzipielles zur verallgemeinerten Relativitätstheorie und Gravitationstheorie. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 15 Jahrgang (1914), p. 176-180

344.

EINSTEIN, Albert - Quantentheorie des einatomigen idealen Gases. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1924), p. 261-267

345.

EINSTEIN, Albert - Quantentheorie des einatomigen idealen Gases. Zweite Abhandlung. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1925), p. 3-14

346.

EINSTEIN, Albert - Relativität und Gravitation : Erwiderung auf eine Bemerkung von M. Abraham. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 38 (1912), p. 1059-1064

347.

EINSTEIN, Albert - Schallausbreitung in teilweise dissoziierten Gasen. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1920), p. 380-385

348.

EINSTEIN, Albert - Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1919), p. 349-356

349.

EINSTEIN, Albert - Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 11 (1903), p. 170-187

350.

EINSTEIN, Albert - Thermodynamische Begründung des photochemischen Äquivalentgesetzes. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 37 (1912), p. 832-838

351.

EINSTEIN, Albert - Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 35 (1911), p. 898-908

352.

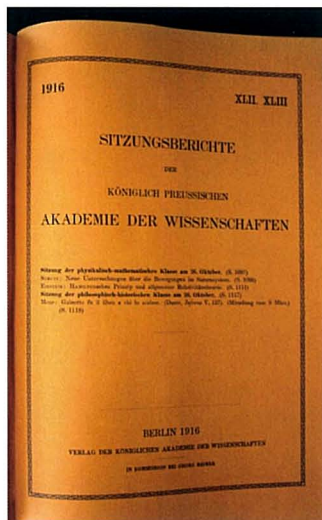
EINSTEIN, Albert - Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 10 Jahrgang (1909), p. 817-825

353.

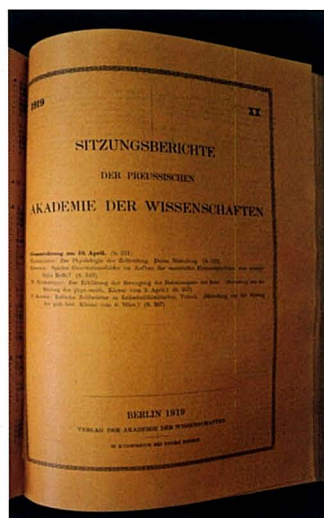
EINSTEIN, Albert - Über die Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie vom Standpunkte des Kosmologischen Problems und des Problems der Konstitution der Materie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1919), p. 463

354.

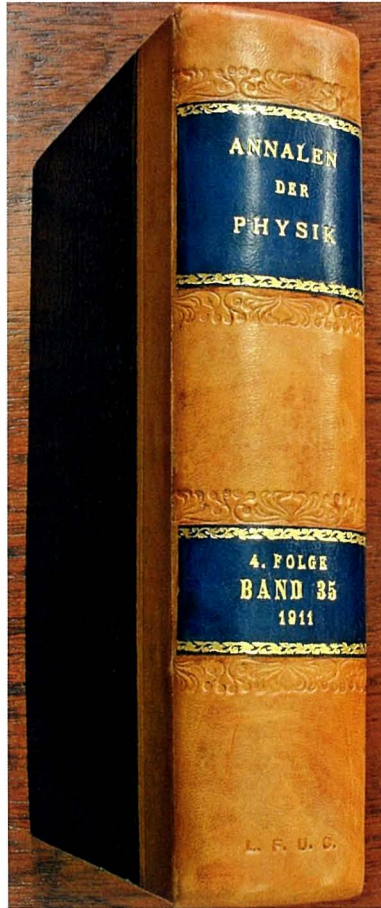
EINSTEIN, Albert - Über die Gültigkeitsgrenze des Satzes vom thermodynamischen Gleichgewicht und über die Möglichkeit einer neuen Bestimmung der Elementarquanta. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 22 (1907), p. 569-572



347.



Capas dos exemplares de 1916, 1917 e 1919 de *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*. Aqui, Einstein publicou três trabalhos fundamentais – *Hamiltonsches Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie* (O Princípio de Hamilton e a Teoria da Relatividade Geral); *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie* (Considerações cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade Geral) e *Spiele Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?* (Representará o campo de gravidade um papel essencial na estrutura das partículas elementares da matéria?). Em Portugal, estes e outros trabalhos fundamentais sobre relatividade, foram publicados pela Fundação Calouste Gulbenkian em 1971, tendo sido traduzidos por Mário José Saraiva e prefaciados por Manuel dos Reis.



351.

Em 1911 Einstein publica no vol. 35 de *Annalen der Physik*-Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes (Sobre a influência da gravidade na propagação da luz). Conclui que um eclipse solar poderá servir de teste da teoria da relatividade geral, se ocorrer desvio da luz de estrelas distantes ao passar junto à superfície do Sol. Este teste só ocorrerá com o eclipse solar de 1919. A equipa de Eddington na ilha do Príncipe e em Sobral (Brasil) demonstrará por meio de fotografias que ocorre uma deflexão da luz em valores compatíveis com a teoria da relatividade geral.

355.

EINSTEIN, Albert - Über die Interferenzeigenschaften des durch Kanalstrahlen emittierten Lichtes. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1926), p. 334-340

356.

EINSTEIN, Albert - Über die Möglichkeit einer neuen Prüfung des Relativitätsprinzips. **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 23 (1907), p. 197-198

357.

EINSTEIN, Albert - Über die vom Relativitätsprinzip geforderte Trägheit der Energie. **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 23 (1907), p. 371-384

358.

EINSTEIN, Albert - Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 17 (1905), p. 549-560

359.

EINSTEIN, Albert - Über ein den Elementarprozeß der Lichtemission betreffendes Experiment. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1921), p. 882-883

360.

EINSTEIN, Albert - Über eine Methode zur Bestimmung des Verhältnisses der transversalen und longitudinalen Masse des Elektrons. **Annalen der Physik.** Leipzig. Band 21 (1906), p. 583-586

361.

EINSTEIN, Albert - Über eine naheliegende Ergänzung des Fundamentes der allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1921), p. 261-264

362.

EINSTEIN, Albert - Über eine Veranschaulichung der Verhältnisse im sphärischen Raum. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften.** Berlin. (1919), p. 463

363.

EINSTEIN, Albert - Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 17 (1905), p. 132-148

364.

EINSTEIN, Albert - Über einige anschauliche Überlegungen aus dem Gebiete der Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1916), p. 423

365.

EINSTEIN, Albert - Über Friedrich Kottlers Abhandlung «Über Einsteins Äquivalenzhypothese und die Gravitation». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 51 (1916), p. 639-642

366.

EINSTEIN, Albert - Über Gravitationswellen. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1918), p. 154-167

367.

EINSTEIN, Albert - Ueber die thermodynamische Theorie der Potentialdifferenz zwischen Metallen und vollständig dissociirten Lösungen ihrer Salze und über eine elektrische Methode zur Erforschung der Molecularkräfte. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 8 (1902), p. 798-814

368.

EINSTEIN, Albert - Zu Kaluzas Theorie des Zusammenhanges von Gravitation und Elektrizität. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1927), p. 23-30

369.

EINSTEIN, Albert - Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 10 Jahrgang (1909), p. 185-193

370.

EINSTEIN, Albert - Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 14 Jahrgang (1913), p. 1249-1262

371.

EINSTEIN, Albert - Zum Kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1931), p. 235-237

372.

EINSTEIN, Albert - Zur affinen Feldtheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1923), p. 137-140

373.

EINSTEIN, Albert - Zur allgemeinen molekularen Theorie der Wärme. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 14 (1904), p. 354-362

374.

EINSTEIN, Albert - Zur allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1915), p. 778-786

375.

EINSTEIN, Albert - Zur allgemeinen Relativitätstheorie. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1923), p. 32-38

376.

EINSTEIN, Albert - Zur allgemeinen Relativitätstheorie (Nachtrag). **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1915), p. 799-801

377.

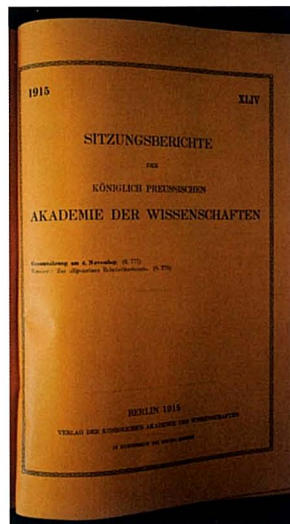
EINSTEIN, Albert - Zur Elektrodynamik bewegter Körper. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 17 (1905), p. 891-921

378.

EINSTEIN, Albert - Zur Quantentheorie der Strahlung. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 18 Jahrgang (1917), p. 121-128

379.

EINSTEIN, Albert - Zur Quantentheorie des idealen Gases. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1925), p. 18-25



374.

Fotografia de Einstein em 1913 durante o Congresso Solvay e capa do fascículo 44 de *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften* publicado no ano 1915, que contém o artigo *Zur allgemeinen Relativitätstheorie*.

De 4 a 25 de Novembro de 1915 Einstein submeteu ainda mais três artigos à Academia Prussiana das Ciências. Foram publicados em *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*: *Zur allgemeinen Relativitätstheorie (Nachtrag)*; *Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie* e *Die Feldgleichungen der Gravitation*. Nestes artigos Einstein apresenta a teoria da relatividade geral.

380.

EINSTEIN, Albert - Zur Theorie der Brownschen Bewegung. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 19 (1906), p. 371-381

381.

EINSTEIN, Albert - Zur Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 20 (1906), p. 199-206

382.

EINSTEIN, Albert - Zur Theorie der Lichtfortpflanzung in dispergierenden Medien. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1922), p. 18-22

383.

EINSTEIN, Albert - Zur Theorie der Radiometerkräfte. **Zeitschrift für Physik**. Berlin. Band 27 (1924), p. 1-6

384.

EINSTEIN, Albert - Zur Theorie des statischen Gravitationsfeldes. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 38 (1912), p. 443-458

385.

EINSTEIN, Albert ; EHRENFEST, Paul - Quantentheoretische Bemerkungen zum Experiment von Stern und Gerlach. **Zeitschrift für Physik**. Berlin. Band 11 (1922), p. 31-34

386.

EINSTEIN, Albert ; EHRENFEST, Paul - Zur Quantentheorie des Strahlungsgleichgewichts. **Zeitschrift für Physik**. Berlin. Band 19 (1923), p. 301-306

387.

EINSTEIN, Albert ; FOKKLER, A.D. - Die Nordströmsche Gravitationstheorie vom Standpunkt des absoluten Differentialkalküls. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 44 (1914), p. 321-328

388.

EINSTEIN, Albert ; GROMMER, J. - Allgemeine Relativitätstheorie und Bewegungsgesetz. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1927), p. 2-13

389.

EINSTEIN, Albert ; HOPF, L. - Statistische Untersuchung der Bewegung eines Resonators in einem Strahlungsfeld. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 33 (1910), p. 1105-1115

390.

EINSTEIN, Albert ; HOPF, L. - Theorie der Opaleszenz von homogenen Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemischen in der Nähe des kritischen Zustandes. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 33 (1910), p. 1275-1298

391.

EINSTEIN, Albert ; HOPF, L. - Über einen Satz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und seine Anwendung in der Strahlungstheorie. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 33 (1910), p. 1096-1104

392.

EINSTEIN, Albert ; LAUB, J. - Bemerkungen zu unserer Arbeit: «Über die elektromagnetischen Grundgleichungen für bewegte Körper». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 28 (1909), p. 445-447

393.

EINSTEIN, Albert ; LAUB, J. - Berichtigung zur Abhandlung: «Über die elektromagnetischen Grundgleichungen für bewegte Körper». **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 27 (1908), p. 232

204

394.

EINSTEIN, Albert ; LAUB, J. - Über die elektromagnetischen Grundgleichungen für bewegte Körper. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 26 (1908), p. 532-540

395.

EINSTEIN, Albert ; LAUB, J. - Über die im elektromagnetischen Felde auf ruhende Körper ausgeübten ponderomotorischen Kräfte. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 26 (1908), p. 541-550

396.

EINSTEIN, Albert ; MAYER, W. - Systematische Untersuchung über kompatible Feldgleichungen, welche in einem Riemannschen Raume mit Fernparallelismus gesetzt werden können. **Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften**. Berlin. (1931), p. 257-265

397.

EINSTEIN, Albert ; RITZ, W. - Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems. **Physikalische Zeitschrift**. Leipzig. 10 Jahrgang (1909), p. 323-324

398.

EINSTEIN, Albert ; ROSEN, N. - On gravitational waves. **Journal of The Franklin Institute**. Philadelphia. Vol. 223, n° 1 (Jan. 1937), p. 43-54

399.

EINSTEIN, Albert ; ROSEN, N. - Two-body problem in general relativity theory. **Physical Review**. New York. S. 2, vol. 49 (Jan.-Jun. 1936), p. 404-405

400.

EINSTEIN, Albert ; STERN, O. - Einige Argumente für die Annahme einer molekularen Agitation beim absoluten Nullpunkt. **Annalen der Physik**. Leipzig. Band 40 (1913), p. 551-560

401.

EINSTEIN, Albert ; STRAUS, Ernst G. - Corrections and additional remarks to our paper : The influence of the expansion of space on the gravitation fields surrounding the individual stars. **Reviews of Modern Physics**. New York. Vol. 18 (1946), p. 148-149

402.

EINSTEIN, Albert ; STRAUS, Ernst G. - The influence of the expansion of space on the gravitation fields surrounding the individual stars. **Reviews of Modern Physics**. New York. Vol. 17 (1945), p. 120-124

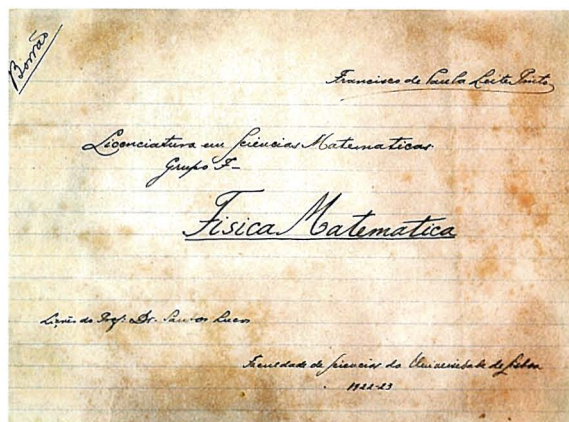
APÊNDICE

FAC-SÍMILE DO MANUSCRITO DO CURSO DE RELATIVIDADE MINISTRADO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS DE LISBOA NO ANO LECTIVO DE 1922-23

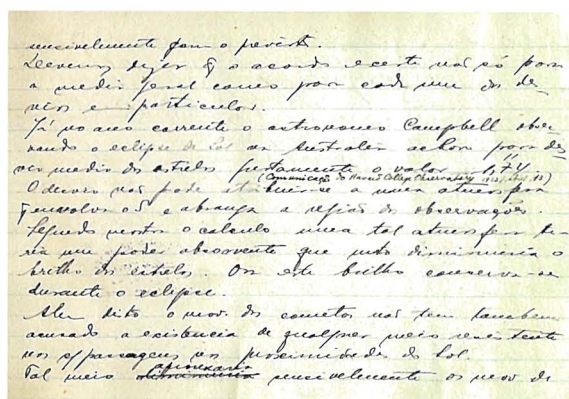
As notas manuscritas deste curso de relatividade (das quais se reproduzem três páginas), foram recolhidas pelo então aluno Francisco Paula Leite Pinto que mais tarde veio a ser Ministro da Educação.

No final do curso foi estudado o desvio dos raios luminosos por um campo de gravitação, e foram referidas as observações favoráveis à lei da gravitação de Einstein, feitas na ilha do Príncipe e no Sobral (no Brasil) por ocasião do eclipse do Sol de 29 de Maio de 1919. É ainda referido o resultado de uma observação feita em 1923.

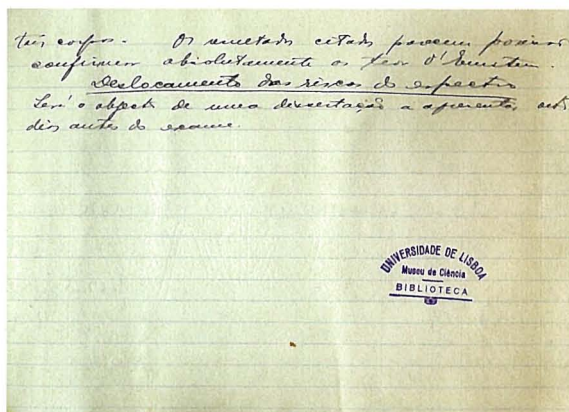
A preocupação do Professor António dos Santos Lucas em acompanhar e divulgar os últimos desenvolvimentos científicos neste campo, está patente na penúltima página reproduzida do manuscrito. Aqui podem ler-se as seguintes linhas: *Já no ano corrente (1923) o astrónomo Campbell observando o eclipse do Sol na Austrália achou para desvio médio das estrelas justamente o valor 1,74" (Comunicação do Harvard College Observatory 1923/Abril). O desvio não pode atribuir-se a uma atmosfera que envolva o Sol e abranja a região das observações. Segundo mostra o cálculo uma tal atmosfera teria um poder absorvente que muito diminuiria o brilho das estrelas. Ora este brilho conserva-se durante o eclipse.*



Primeira
página



Penúltima
página



Última
página

Fac-símile do manuscrito do curso de Relatividade ministrado na Faculdade de Ciências de Lisboa, no ano lectivo de 1922-23, pelo Professor António dos Santos Lucas.
Reprodução parcial por cortesia do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa

Série
Documentos

•

Imprensa da Universidade de Coimbra
Coimbra University Press

2005

